UNIVERSITY OF ILLINOIS
LIBRARY

BOOK 624.05
CLASS A N2m
VOLUME 10

REMOTE STORAGE

ANNALES
DES
PONTS ET CHAUSSÉES.

MÉMOIRES ET DOCUMENTS
RELATIFS
A L'ART DES CONSTRUCTIONS
ET AU SERVICE DE L'INGÉNIEUR;
LOIS, ORDONNANCES ET AUTRES ACTES
CONCERNANT
L'ADMINISTRATION DES PONTS ET CHAUSSÉES.

2e SÉRIE.

1845.

2e SEMESTRE.

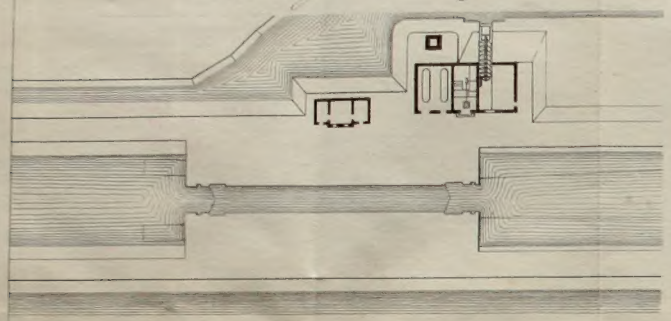
PARIS.
CARILIAN-GOEURY ET Vor DALMONT,
LIBRAIRES DES CORPS ROYAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES,
Quai des Augustins, nos 39 et 41.

Annales des ponts v.19
16159

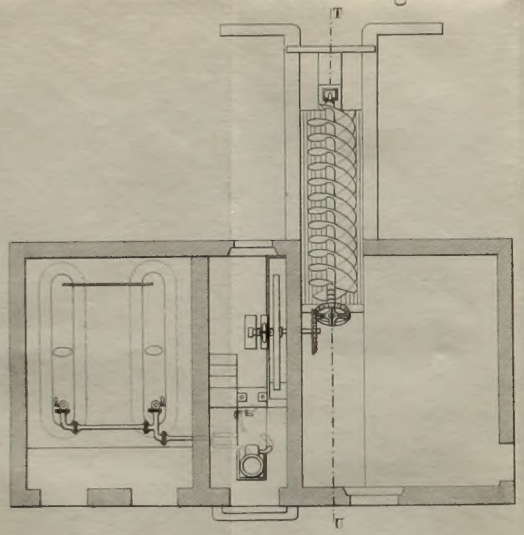
REMOTE STORAGE

Machine de l'Abbaye. 1838.

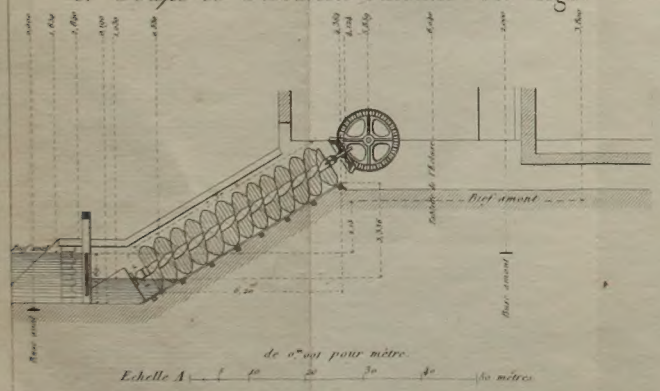
A. Plan général. Fig. 1.



C. Plan de détail. Fig. 2.

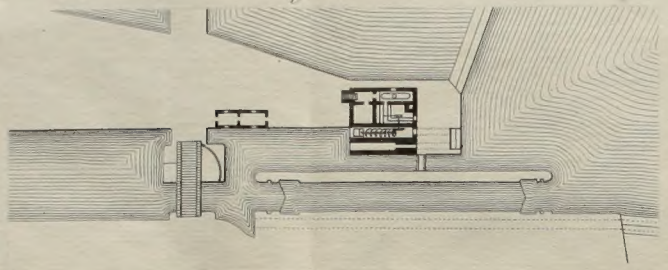


C. Coupe et Élévation suivant TU. Fig. 3.

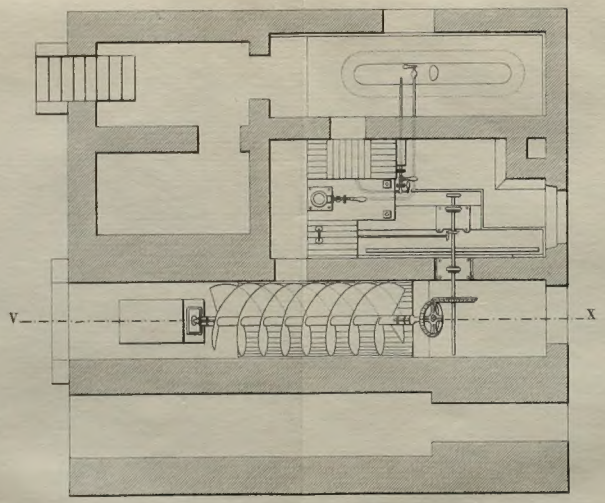


Machine de Landrecies. 1842.

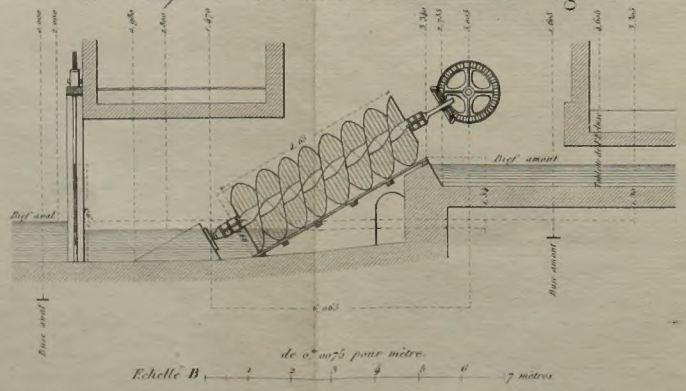
A. Plan général. Fig. 4.



B. Plan de détail. Fig. 5.

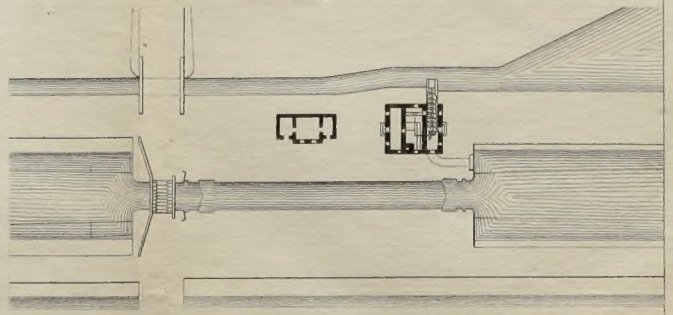


B. Coupe et Élévation suivant VX. Fig. 6.

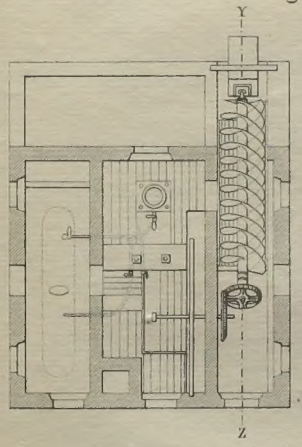


Machine d'Ors. 1843.

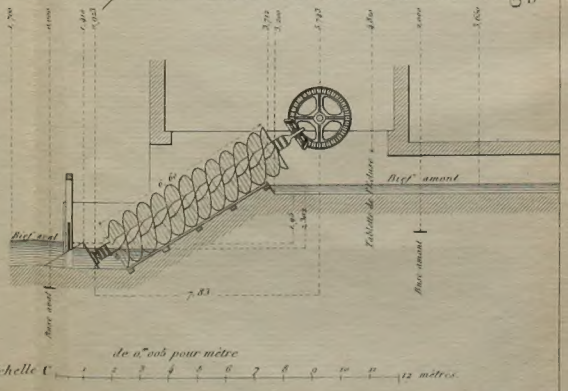
A. Plan général. Fig. 7.



B. Plan de détail. Fig. 8.



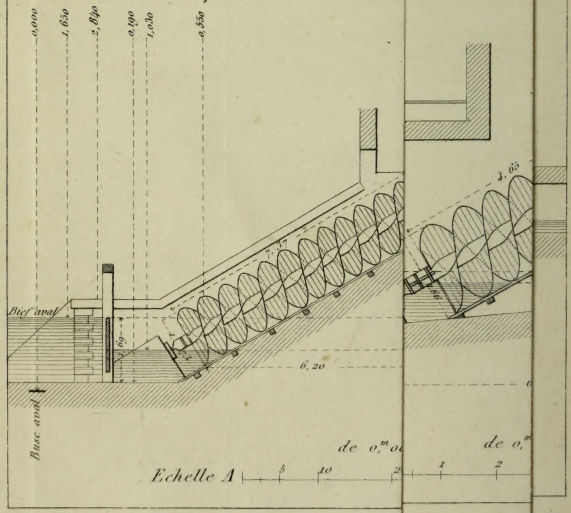
B. Coupe et Élévation suivant YZ. Fig. 9.



Gravé par Adam et Lemaire

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY of ILLINOIS

C. Coupe et Élévat Élévat.



Annales des Ponts et Chaussées.

naire

ANNALES

DES

PONTS ET CHAUSSÉES.

MÉMOIRES ET DOCUMENTS

RELATIFS

A L'ART DES CONSTRUCTIONS

ET AU SERVICE DE L'INGÉNIEUR.

N° 128.

NOTES

Sur les travaux exécutés pour l'alimentation du canal de jonction de la Sambre à l'Oise ;

Par M. Ad. LAMARLE, Ingénieur en chef des ponts et chaussées.

1. Dans un premier mémoire sur l'*Alimentation du canal de jonction de la Sambre à l'Oise*, nous avons exposé les considérations qui ont motivé l'adoption d'un système mixte, composé de réserves supérieures faites sur les crues de l'hiver et d'un relèvement, par machines échelonnées, d'eaux perennes coulant au-dessous du plateau du bief de partage.

Aujourd'hui les éléments de ce système sont constitués. Les réservoirs ont été terminés à la fin de 1841, et deux machines à vapeur nouvelles, placées près des écluses

n° 3 à Landrecies et n° 2 à Ors, complètent avec celle établie à Labbaye (écluse n° 1), l'ensemble des moyens nécessaires sur le canal de jonction au relèvement artificiel des eaux inférieures.

La machine de Landrecies a été terminée en mai 1842, celle d'Ors en mars 1843.

De son côté, l'administration de la Sambre canalisée, a fait construire en 1842, près de l'écluse des Étoquis, la première en aval de Landrecies, une machine du même genre qui, puisant les eaux dans le bief inférieur où se jette le ruisseau de l'Helpe-Mineure, forme le dernier échelon du système qui réunit ce cours d'eau au bief de partage.

Les deux années qui viennent de s'écouler ont fourni de nouveaux éléments d'observations, d'une haute importance, sur le régime hydrométrique des parties les plus élevées du canal; réunies à celles des années précédentes, elles forment une première série de données d'autant plus précieuses que l'une d'elles, 1842, ayant présenté une sécheresse telle que les habitants des rives du canal ne se rappellent pas en avoir observé de semblable depuis 1811, peut être considérée comme offrant un minimum à peu près absolu du produit des cours d'eau.

Deux séries d'observations distinctes ont été faites :

1° On a mesuré par des jaugeages directs le produit des cours d'eau dans les moments de sécheresse absolue. Ces jaugeages obtenus au moyen de déversoirs ont été prolongés pendant plusieurs semaines, de manière à donner des moyennes indépendantes de l'irrégularité des manœuvres des usines;

2° Les dépenses d'eau faites par chaque bief, depuis le bief de partage jusqu'à Landrecies, tant pour navigation que pour écoulement, ont été notées chaque jour. On a également tenu attachement des recettes provenant, soit de la navigation ou des lâchures, soit du mouvement des

machines, et noté les niveaux correspondants obtenus. Il en résulte pour chaque bief un compte de doit et avoir, une sorte de bilan dont le chiffre, tantôt positif et tantôt négatif, exprime pour de longues périodes, la différence entre l'ensemble du produit des affluents naturels et les diverses causes de pertes.

Nous nous proposons d'exposer ici les diverses données de fait recueillies, les dispositions adoptées pour l'établissement des machines, et les résultats obtenus de leur travail; nous chercherons ensuite à déterminer les relations qui doivent s'établir entre les divers éléments du système et à apprécier la valeur actuelle des ressources qu'il présente pour l'alimentation des parties les plus élevées du canal.

2. Les jaugeages des cours d'eau affluents du bief de partage ont donné les résultats indiqués dans le tableau ci-après; nous y avons mentionné les documents obtenus antérieurement. Leur comparaison avec ceux de 1842 permettra de juger de l'excessive sécheresse de cette année.

INDICATION DES COURS D'EAU.	MINIMA obtenus en 1781 par le général Laffitte.		MINIMA de l'année 1840.		MINIMA de l'année 1842.	
	m.c.	lit.	m.c.	lit.	m.c.	lit.
Ruisseau de Boué.	0.052	00	0.029	70	0.009	35
Sambre.	0.031	10	0.006	90	0.001	70
Somme.	0.083	10	0.036	60	0.011	05
	m.c.	lit.	m.c.	lit.	m.c.	lit.
Soit par jour.	7 179	84	3 162	24	954	72

Ainsi les volumes d'étiage ont été seulement en 1842 les $\frac{13}{100}$ de ceux observés en 1781 et les 0.30 des volumes jaugés en 1840.

Les résultats des mesures prises dans le bief de partage

pendant toute la période d'alimentation comprise entre le 1er avril et le 1er août ont été les suivants :

		m.c.
Excédant du produit des affluents naturels sur les pertes de toutes natures.	en 1840	434 874.00
	en 1841	3 882 332.00
	en 1842	131 237.00
	en 1843	2 719 744.00
Total.		7 168 187.00
Sur quoi l'on a été forcé d'écouler par les vannes	en 1841 2 771 734 / en 1843 1 624 979	4 396 713.00
Reste en volume utilisé.		2 771 474.00
Soit par an.		692 868.50
Et par jour.		5 679.25

On voit, de plus, que si l'exécution des réservoirs eût été complète en 1841, il eût été possible d'utiliser une partie des 2 771 734 mètres cubes qu'on a dû écouler en pure perte : en 1843 les réservoirs sont restés pleins jusque vers la fin du mois de juillet, et pour tirer parti des écoulements de crue, il eût fallu qu'une navigation plus active accélérât leur vidange.

Quoi qu'il en soit, on voit que le minimum des quatre années donne par jour un excédant de 1 075 mètres cubes : la moyenne au contraire s'élève à 14 688, sur lesquels 5 679m.c.25 ont pu être utilisés.

Pour les biefs inférieurs d'Ors et de Landrecies on avait obtenu en 1841 les résultats suivants, applicables seulement au mois de juin :

Déficit total en 30 jours à Ors, 107 964, soit par jour, 3 599 mèt. cub
Id. à Landrecies, 74 357 *id.* 2 478

Les observations des années 1842 et 1843 ont été continuées pendant la totalité de la période d'alimentation et ont donné les résultats suivants :

Bief d'Ors en 1842, déficit total.	746 885 mèt. cub.
Soit par jour.	6 122
En 1843 le bief a dépensé.	1 401 275
Il avait reçu du bief supérieur.	632 275
	769 000
De plus, il a perdu en volume.	5 146
Reste pour l'excédant.	763 854
Soit par jour.	6 261

Mais cet excédant n'a pu être utilisé, parce que les digues du bief ne sont pas assez élevées pour que l'on puisse y faire de réserves importantes :

Loin de là, il a fallu écouler en lâchures un volume total de	1 017 179
sur lesquels le bief supérieur a fourni seulement.	12 798
	1 004 381

Il y a donc eu dans le bief un déficit égal à la différence entre le volume des crues écoulé, et l'excédant total dont l'aménagement eût été possible :

Ce déficit total est de.		240 527 mèt. cub.
Ou par jour.		1 971
Bief de Landrecies en 1842; déficit total. . . .		1 154 453
Soit par jour.		9 451
En 1843, ce bief a dépensé. . . .	4 331 666	
Et reçu.	1 401 275	
Reste.	2 930 391	
Il a gagné en volume.	11 262	
Excédant total.	2 941 663	
Soit par jour.		24 112

Mais par la même raison que pour le bief précédent, on n'a pu utiliser cet excédant :

On a dû écouler par le déversoir un volume total de	3 942 975 mèt. cub.
dont le bief supérieur a fourni.	1 017 179
	2 925 796
Quantité qui doit être déduite du volume de l'excédant qui aurait pu être aménagé.	2 941 653
Il reste un excédant de.	15 857
Soit par jour.	130

Les différences considérables que présentent, d'une année à l'autre, ces résultats, sont dues et à l'influence des variations atmosphériques et à celle des travaux d'étanchement exécutés dans les biefs de Landrecies et d'Ors.

Ils montrent également combien il est fâcheux que le peu de hauteur des digues de ces biefs et l'absence de réservoirs auxiliaires ne permettent pas l'aménagement des eaux de crue qu'ils reçoivent, et qui s'écoulent aujour-

d'hui en pure perte par les déversoirs latéraux et les vannes des écluses.

C'est ainsi que dans le bief d'Ors, un excédant effectif de 6 291 mètres cubes par jour, se résout en un déficit quotidien de 1 971 mètres cubes. Dans le bief de Landrecies, l'excédant de 24 103 mètres cubes se réduit à 130 mètres cubes seulement, par suite de l'écoulement forcé de la majeure partie des crues.

Le régime des cours d'eau qui alimentent les parties supérieures du canal varie, comme on le voit, dans des limites très-étendues. Cette circonstance, aujourd'hui bien établie, explique la divergence des opinions émises sur les ressources alimentaires du point culminant du canal. Chacun des résultats divers énoncés par les ingénieurs militaires et civils qui se sont occupés de cette question importante, se trouve compris dans les limites de nos observations, et on conçoit que l'on ait été porté à généraliser trop vite des faits qui bien certainement ont pu et dû être observés.

Nous examinerons plus tard les conséquences qui doivent à notre avis être déduites des résultats ci-dessus dont le détail mensuel est consigné dans les tableaux annexés à ces notes : pour le moment nous nous bornons à les énoncer et à faire remarquer les différences tranchées qui caractérisent chacune des années d'expérience.

3. Les machines établies pour opérer le relèvement artificiel de bief en bief sont à haute pression, à détente et sans condensation : elles travaillent avec une tension de 4 à 5 atmosphères ; l'axe du volant est lié par un engrenage conique à une vis d'Archimède dont l'enveloppe est fixe et qui constitue le mécanisme hydraulique adopté.

Ce mécanisme est employé depuis un temps immémorial au desséchement des polders en Hollande : aussi ces vis sont désignées quelquefois sous le nom de vis hollandaises ; elles sont décrites sous ce titre dans le *Traité des*

machines de Hachette (1819); un dessin, dressé par MM. Cordier et Bosquillon, et inséré dans la *Collection lithographique de l'École des ponts et chaussées* (1826) donne également la description de vis semblables appliquées près de Dunkerque au desséchement des *moëres*; la force du vent est le moteur employé.

En 1835, M. Vifquain, inspecteur divisionnaire belge, avait compris dans le devis du canal de Deinze-Peteghem, l'application d'une machine à vapeur avec vis d'Archimède pour relever à 3 mètres les eaux du bief inférieur au point culminant du canal.

Tels sont, à notre connaissance, les précédents qui se rattachent à l'emploi de ce mécanisme qui a été choisi en 1838 lors de la construction de la machine de Labbaye, exécutée sous la direction de M. Cordier, inspecteur divisionnaire des ponts et chaussées, par M. de Gayffier, ingénieur civil chargé de la Sambre canalisée.

L'expérience acquise par le jeu de la machine de Labbaye, et l'examen comparatif des divers systèmes admissibles, nous ont également déterminé à préférer les vis hollandaises : si ce mécanisme est inférieur à quelques autres au point de vue de l'économie du combustible, il peut s'établir à moins de frais, se dérange rarement, exige peu d'entretien et de réparations et se prête parfaitement à l'élévation de volumes considérables à de faibles hauteurs.

4. Les principales causes de pertes inhérentes à l'emploi des vis d'Archimède sont les suivantes :

En raison du joint continu qui existe entre le berceau et la vis, une partie de l'eau élevée s'écoule le long du berceau. Cette perte peut être considérée comme sensiblement constante dans l'unité de temps pour une même vis, quelle que soit la vitesse; d'où il suit qu'en la rapportant au volume hydrophore d'une spire, sa valeur proportionnelle diminue quand la vitesse augmente.

En représentant ce volume par v : par mv la perte de

cours de spires en une minute, par n le nombre de tours de la vis dans le même temps, on aura pour le volume élevé en une minute $3\nu(n-m)$; mais ce volume perdu ayant été élevé à une hauteur moyenne (1) à peu près égale à la moitié de la hauteur, a consommé une quantité de force motrice proportionnelle à $\frac{3}{2}\nu m$; le rapport de l'effet utile à la force dépensée en raison de ces pertes est donc $\frac{n-m}{n-0.50m}$.

Si les biefs amont et aval ont entre leurs niveaux ordinaires une différence de niveau h, la vis devra toujours élever les eaux à une hauteur h' plus grande que h de toute la saillie du dégorgeoir au-dessus du niveau d'amont et de la différence entre le niveau ordinaire du bief d'aval et le puisard de la vis.

On ne peut en effet considérer les niveaux des biefs comme absolument invariables; le jeu des machines, le mouvement de la navigation, les circonstances atmosphériques déterminent des changements de niveau que l'on peut resserrer dans des limites étroites, mais dont il est essentiel de tenir compte.

Ainsi l'arête supérieure du dégorgeoir doit être au-dessus du niveau le plus élevé d'été dans le bief d'amont, afin qu'il ne puisse perdre par cet orifice une partie de ses eaux quand la machine s'arrête. D'un autre côté, comme le niveau du puisard doit être déterminé de manière à ce que les spires soient complétement remplies, et que, soit au-dessus, soit au dessous de cette hauteur, la force appliquée à la machine cesse d'être convenablement utilisée, il est nécessaire que le niveau du puisard soit inférieur à

(1) Cette moyenne n'est pas rigoureusement exacte, car les spires supérieures étant moins chargées se vident moins rapidement, et la proportion d'un écoulement uniforme dans toute l'étendue de la vis donne pour hauteur moyenne d'élévation de l'eau perdue une valeur un peu supérieure à la réalité.

celui du bief d'aval d'une quantité égale au maximum des variations de ce bief, plus la pente nécessaire pour amener les eaux au puisard de la vis. On aura donc toujours $h' > h$, d'où il suit que le rapport de l'effet utile à la force dépensée doit encore être réduit dans la proportion de la hauteur de l'élévation effective à la hauteur utile, ou multiplié par la fraction $\frac{h}{h'}$. Il deviendra donc $\frac{n-m}{n-0.50m} \cdot \frac{h}{h'}$.

Le mouvement de rotation de la vis dans le puisard donne lieu à des chocs qui consomment une partie de la force vive, communique au fluide ambiant une quantité de mouvement perdue pour l'effet utile, et projette au dehors, en raison de la force centrifuge qu'il fait naître, une partie de l'eau de la vis. Ces dernières causes de perte ne paraissent pas susceptibles d'évaluation rigoureuse.

Enfin la continuité du mouvement rend nécessaire l'emploi des machines à double effet, lesquelles exigent en général une plus grande consommation de combustible (2).

5. Les dimensions des vis du canal de jonction diffèrent peu entre elles et se rapprochent également de celles employées en Hollande pour le desséchement des polders. Le tableau ci-dessous renferme les principales données relatives à l'établissement de chaque vis ; il permettra de les comparer et nous sera nécessaire pour établir les conditions relatives au mouvement de chacune d'elles.

---

(2) En Hollande, lors du desséchement du lac de Harlem, les pompes ont été préférées aux vis, surtout à cause de l'économie de combustible qu'elles présentent; on sait en effet que l'on est parvenu dans les mines de Cornouailles, à obtenir pour une consommation d'un kilogramme de houille, l'élévation de 237 mètres cubes, à une hauteur d'un mètre. Or, les résultats obtenus par les vis ne dépassent pas 47 mètres cubes par kilogramme de houille, et sont quelquefois bien inférieurs, ainsi qu'on le verra ci-dessous.

INDICATIONS.	VIS ÉTABLIES à l'écluse nº 1, de Labbaye.	VIS ÉTABLIES à l'écluse nº 2, d'Ors.	VIS ÉTABLIES à l'écluse nº 3, de Landrecies.	VIS hollandaises des polders.
	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.
Diamètre extérieur des vis.	1.73	1.70	1.66	1.70
Diamètre du noyau.	0.43	0.40	0.35	0.46
Hauteur du pas des vis.	1.72	1.77	1.80	1.50
Nombre de cours d'hélice.	3.00	3.00	3.00	3.00
	deg. m.	deg. m.	deg. m.	deg.
Inclinaison de la vis à l'horizon. . .	31 38	31 15	30 6	32
Hauteur entre le niveau du puisard	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.
et celui du dégorgeoir.	3.33 (*a*)	2.50 à 2.30	1.54	
Hauteur d'élévation utile.	2.15	2.20 à 2.00	1.30	3.00
Immersion de la vis nécessaire pour le remplissage complet des hélices.	0.851	0.815	0.764	0.869
Immersion effective.	0.580	»	0.800	
Volume des espaces hydrophores.	0.3097	0.2914	0.2569	0.3019
Longueur des vis.	7.37	6.60	4.65	6.20
Vitesse de régime des vis. Nombre de tours par minute.	59.00	36.00	32.00	

(*a*) Pour 0.58 d'immersion effective : cette hauteur se réduirait à 3.06 pour une immersion complète.

Il est facile de remarquer que pour toutes ces vis, l'hélice du noyau est encore hydrophore. Si l'on désigne en effet par α l'inclinaison de la vis à l'horizon, par p son pas et pas r_0 le rayon du noyau, on a pour chacune d'elles :

$$\frac{2\pi r_0}{p} > \text{tang.}\,\alpha,$$

la dernière hélice hydrophore serait tracée sur un cylindre d'un rayon :

$$r_1 = p \cdot \frac{\text{tang.}\,\alpha}{2\pi}.$$

On voit également que l'immersion correspondante au remplissage complet des espaces hydrophores est exprimée par

$$(R + \sqrt{r_1^2 - r_0^2})\cos.\,\alpha.$$

Lorsque la vis est moins immergée, elle ne se charge pas de tout le volume que sa capacité lui permettrait de contenir, et, si la force motrice a été déterminée en raison

des dimensions de la vis, elle n'est plus convenablement utilisée.

Quand, au contraire, l'immersion est plus considérable, les hélices extrêmes se chargent d'un volume que celles plus rapprochées du noyau ne peuvent retenir, et qui s'écoule le long du cylindre intérieur. Alors, non-seulement la force employée pour lui faire parcourir une partie de la vis est perdue pour l'effet utile, mais ce volume développe en descendant une résistance qui consomme en pure perte une force motrice égale.

Il suit de là, qu'il faut, autant que possible, maintenir le niveau du puisard à la hauteur d'immersion convenable, et qu'il vaut mieux en général, être plutôt un peu au-dessous qu'au-dessus, pour tirer le meilleur parti possible de la force motrice.

Il est convenable d'isoler le puisard des eaux environnantes par une ventellerie qui permette d'en régler complétement le niveau. Cette disposition, appliquée aux vis du canal de jonction, le serait aussi très-utilement dans les circonstances où le vent sert de moteur. On pourrait alors en effet, en réduisant l'immersion, utiliser des vitesses insuffisantes pour faire mouvoir la vis complétement immergée, et capables néanmoins de produire des effets importants.

Le calcul des espaces hydrophores a été fait en suivant la méthode exposée par Navier, dans l'*Architecture hydraulique de Bélidor;* seulement on a dû y introduire deux corrections relatives : 1° au relèvement du plan supérieur résultant de la différence entre le rayon r_0 du noyau, et celui r_1 du dernier cylindre hydrophore; 2° à la pénétration des cours de spires supérieurs dans chacun des espaces occupés par l'eau dans le cours qui le suit. Les résultats obtenus au moyen de calculs laborieux, mais sans aucune difficulté, montrent que l'augmentation du diamètre du noyau, dans certaines proportions, tend à

augmenter la capacité hydrophore de la vis. Ainsi on voit que la vis de Landrecies, dont le noyau a seulement $0^m.35$ de diamètre, présente une capacité inférieure d'environ 1/7 aux vis de Labbaye et d'Ors, et le détail du calcul prouve que la faiblesse du diamètre du noyau est la principale cause de cette grande différence.

Ce résultat qui paraît d'abord singulier, puisqu'en augmentant le noyau, on diminue le volume total de l'anneau cylindrique, est d'autant plus remarquable que l'accroissement du diamètre du noyau étant favorable à la solidité de l'appareil, il sera avantageux sous tous les rapports de lui donner la dimension qui convient au maximum de capacité.

6. Nous chercherons, d'après les données numériques relatées ci-dessus, à déterminer la force nécessaire pour mouvoir une vis d'Archimède placée dans les conditions de celles du canal de jonction.

Soit v le volume de l'arc hydrophore,

mv la perte de chaque cours de spires en une minute,

n le nombre de tours de la vis en une minute,

α l'inclinaison de la vis à l'horizon,

l la longueur de la vis,

p le pas des hélices,

h' la hauteur de l'élévation totale.

Le volume contenu dans les spires placées à l'extrémité inférieure de la vis sera égal à v en supposant l'immersion convenable et la vis complétement chargée, le volume des spires supérieures sera seulement $v\left(1-\frac{m}{n}\right)$, la valeur moyenne du volume d'une spire sera $v\left(1-\frac{m}{2n}\right)$, le nombre total des spires chargées est $\frac{3l}{p}$, dont le volume total

sera $\frac{3l\nu}{p}\left(1-\frac{1}{2}\frac{m}{n}\right)$, et son poids 3 000 kilogrammes $\frac{l\nu}{p}\left(1-\frac{m}{2n}\right)$: dans un tour de vis les spires parcourent le long de l'axe un espace p qui, estimé suivant la verticale, est égal à p sin. α, donc en une minute l'espace parcouru sera np sin. α, la quantité d'action correspondante sera donc

$$3\,000\,(n-\tfrac{1}{2}m)\nu l \sin.\alpha = Q;$$

mais on a

$$h' = l \sin.\alpha, \text{ donc } Q = 3\,000\,(n-\tfrac{1}{2}m)\,\nu h'.$$

La valeur de h' est égale à la différence de niveau du puisard et du dégorgeoir, augmentée de la hauteur au-dessus de l'arête du dégorgeoir du centre de gravité de la tranche qui s'écoule.

Cette dernière hauteur doit être telle que le produit du déversoir supérieur dans l'unité de temps soit égal au volume élevé par la vis, elle sera donc donnée par une relation de la forme

$$\zeta^{\frac{3}{2}} = K'(n-m)\nu, \text{ ou } \zeta = K'^{13}\sqrt{(n-m)^2\nu^3}.$$

Les formules précédentes permettront de déterminer la quantité d'action nécessaire au mouvement de la vis. Quant à l'effet utile, il aura pour expression

$$E = 3\,000\,(n-m)\,\nu h;$$

en y introduisant les valeurs relatives à chacune des vis du canal de jonction, on obtient les résultats consignés dans le tableau suivant :

INDICATION des MACHINES.	Valeur de m.	Volume hydrophore v.	Valeur de h.	Distance du puisard au niveau du dégorgeoir.	Valeur de ζ.	Valeur de h'.	vh	vh'	Valeur de n.	QUANTITÉ d'action		Rapport de l'effet utile à la force dépensée.	FORCE	
										nécessaire.	exprimant l'effet utile à obtenir.		nécessaire exprimée en chevaux-vapeur.	nominale des machines employées.
										$K \times n$	$K \times m$		ch.	ch.
Machine de Labbaye.	10.00	0.3097	2.15	3.06	0.31	3.37	0 6658	1.044	59	169 128	97 872	0.585	37.58	20
Machine d'Ors. Le bief surélevé de $0^m.20$.	9.20	0.2914	2.20	2.50	0.20	2.70	0.6411	0.787	36	74 135	51 544	0.696	16.47	20
Machine d'Ors. Le bief à l'étiage.	8.80	0.2914	2.00	2.30	0.20	2.50	0.5828	0.728	36	69 014	47 556	0.688	15.53	20
Machine de Landrecies.	8.00	0.2569	1.30	1.54	0.16	1.70	0.3340	0.437	32	36 708	24 048	0.653	8.15	12

Le rapport de l'effet utile à la force nécessaire varie de 0.585 à 0.696, le chiffre inférieur correspond à la machine de Labbaye, et sa faiblesse tient à la différence considérable qui existe entre h' et h. On voit pour les autres machines que l'effet utile augmente relativement à la force nécessaire toutes les fois que la hauteur de chute est plus considérable.

La force nominale de la machine à vapeur de Labbaye étant inférieure à la force nécessaire, on peut en déduire *à priori* que la vis ne pourra être mise en mouvement à charge pleine par cette machine; c'est ce que l'expérience confirme; en effet, le volume élevé par la vis est de $15^{m}.93$ par minute, d'où $\nu = \frac{15.93}{3(n-m)} = 0.108$; elle ne plonge alors que de $0^{m}.58$, ce qui porte à 3.33 la différence entre le puisard et l'arête supérieure du berceau. La hauteur totale de l'élévation est alors de $3^{m}.40$, la quantité d'action dépensée $3\,000 \times 54 \times 3.40 \times 0.108 = 59\,426^{K \times m}$, et l'effet utile obtenu $3\,000 \times 49 \times 2.15 \times 0.108 = 34\,134$, d'où, pour le rapport de l'effet utile à la quantité d'action nécessaire, 0.574.

7. Nous chercherons maintenant si les machines à vapeur établies sont en effet capables de produire les quantités d'action déterminées ci-dessus.

En appelant :

r la charge utile de la machine par mètre quarré de la surface du piston,

f le frottement de la machine à vide,

δ l'augmentation du frottement par unité de charge,

p la pression de la face du piston opposée au mouvement,

L la course du piston,

L' la portion de la course parcourue avant la détente $= 0.28L$,

C la liberté du cylindre — $0.05L$,

a la surface du piston,

n un coefficient numérique $= 0.000142$,
P' la pression de la vapeur dans le cylindre,
log. la caractéristique des logarithmes népériens,
n' le nombre de coups de piston par minute.

On sait que l'on a l'équation :

$$\frac{P'\left(\frac{L'}{L'+C} + \log.\frac{L+C}{L'+C} - naL\right)}{L\left(\frac{1}{L'+C} - na\right)} = f + p + r(1+\delta).$$

Si, de plus, on désigne par N les quantités d'action nécessaires déterminées par le tableau précédent, elles devront être équivalentes à la charge utile du piston. Or, celles-ci sont exprimées par le produit de la pression totale ar, par l'espace parcouru en une minute $n'L$, on aura donc :

$$N = ran'L, \text{ ou } r = \frac{N}{an'L},$$

d'où

$$P'\left(\frac{L'}{L'+C} + \log.\frac{L+C}{L'+C} - naL\right) =$$
$$= L\left(\frac{1}{L'+C} - na\right)\left[f + p + \frac{N(1+\delta)}{an'L}\right].$$

De cette équation nous déduirons la pression minimum qui doit avoir lieu dans le cylindre pour obtenir l'effet N, on aura :

$$P' = 1.48\left[f + p + \frac{N(1+\delta)}{an'L}\right] \qquad (1)$$

Pour appliquer cette équation, il faut déterminer les valeurs numériques de f, p et δ.

La valeur de $\delta = 0.15$, on a généralement $f = 700$ kilogrammes, quant à la valeur de p elle est égale à la pression atmosphérique 10 300 kilogrammes augmentée de l'excès de tension nécessaire pour produire à travers les

divers orifices des tiroirs et des tuyaux de conduite l'écoulement de la vapeur du cylindre à l'extrémité de la cheminée avec une vitesse déterminée par celle de la machine. Nous admettrons que cet excès de tension soit de 3 700 kilogrammes, soit $0^{at}.36$, et l'on déduira :

$$P' = 1.48\left[14\,700 + \frac{N(1+\delta)}{an'L}\right] = 21\,756^{k} + 1.70\,\frac{N}{an'L}.$$

INDICATION des MACHINES.	PISTON. Diamètre.	PISTON. Surface.	VALEUR DE n'	VALEUR DE L	VALEUR DE $an'L$	VALEUR DE N	VALEUR DE $\frac{N}{an'L}$	VALEUR DE $1.70\frac{N}{an'L}$	VALEUR DE P'	Tension maximum dans la chaudière P.	Rapport de $\frac{P'}{P}$.
Machine de Labbaye.	m.	m.q.	m.	m.	m.c.	K×m	k.	k.	k.	k.	
Spires pleines.	0.32	0.083	57.60	1.22	5.83	169 128	29 010	49 317	71 073	51 500	1.395
Spires remplies au 1/3.	0.32	0.083	57.60	1.22	5.83	59 426	10 187	17 328	39 084	51 500	0.757
Machine d'Ors.											
Bief surélevé de 0.20. .	0.42	0.1385	36.00	1.30	6.48	74 135	11 443	19 449	41 205	51 500	0.800
Bief à l'étiage.	0.42	0.1385	36.00	1.30	6.48	69 014	10 650	18 105	39 861	51 500	0.774
Machine de Landrecies.	0.30	0.0706	48.00	1.00	3.39	36 708	10 838	18 407	40 163	46 350	0.866

D'où il suit : 1° que la tension nécessaire à la marche de la machine de Labbaye avec la vis complétement chargée dépasserait celle de la vapeur de la chaudière, et qu'ainsi elle ne pourrait être réalisée sans s'exposer à des chances multipliées d'explosion ;

2° Que les tensions nécessaires pour cette machine dans la seconde hypothèse, et pour les autres machines d'Ors et de Landrecies, sont inférieures aux tensions maxima de la chaudière et en diffèrent de 0.134 à 0.253.

Or, la tension du cylindre, nécessairement inférieure à celle de la chaudière puisqu'un excès de pression peut seul déterminer l'écoulement de la chaudière au cylindre, n'en diffère généralement que de 0.10 lorsque la machine travaille à pleine charge ; donc si cette condition est réa-

lisée pour les machines du canal, on peut compter obtenir les pressions P', déterminées par le tableau ci-dessus.

Il est donc essentiel de s'assurer si en effet les machines peuvent travailler avec ces tensions maxima.

Désignons par π le poids de vapeur produit par les chaudières dans l'unité de temps, le volume de ce poids à l'état liquide sera $\frac{\pi}{1000}$; désignons par μ le coefficient de la dilatation qu'il éprouve en passant à la température correspondant à la pression P', le volume de vapeur obtenu par minute sera $\frac{\pi}{1000}\mu$.

Ce volume conservera cette pression si l'espace engendré par le piston pour le recevoir est égal ou inférieur à cette quantité. Dans le cas contraire, il y aura dilatation avant la détente et réduction de pression. Or, à chaque coup de piston, le volume engendré pour recevoir la vapeur avant la détente est $a\,(L' + C) = 0.33aL$, et dans une minute ou n' coups de piston, il sera $an'L \times 0.33$; donc la condition précédente sera

$$\frac{\pi}{1000}\mu = \text{ou} > 0.33\,an'L\pi = \text{ou} > 3.30\,an'L\,\frac{1}{\mu};$$

or, en général :

$$\mu = \frac{1}{0.000142 + 0.0000000471P'};$$

donc :

$$\pi = \text{ou} > 0.33\,an'L\,[0.142 + 0.0000471P'].$$

En mettant pour chacune des machines les valeurs de a, n', L et P' trouvées ci-dessus, on trouve pour Labbaye $\pi = \text{ou} > 3^k.80$, pour Ors $\pi = \text{ou} > 4^k.47$ et 4.26 (2e cas), et à Landrecies $\pi = \text{ou} > 2^k.27$.

Or, la consommation de houille étant par minute à Labbaye $1^k.43$, à Ors $1^k.62$, et à Landrecies $0^k.78$, il suffirait donc, pour obtenir les poids de vapeur ci-dessus,

que l'on obtînt par kilogramme de houille à Labbaye $2^k.65$, à Ors $2^k.75$ et à Landrecies $3^k.20$ de vapeur. Ces poids sont inférieurs à ceux que l'on peut obtenir dans les fourneaux ordinaires et avec de la houille de moyenne qualité ; le poids de vapeur correspondant à la consommation d'un kilogramme, y varie en effet de 5 à 7 kilogrammes ; on doit donc conclure des consommations effectives des machines que la vaporisation sera suffisante pour entretenir le mouvement avec la pression ci-dessus déterminée, et qu'en conséquence l'on pourra obtenir les effets utiles assignés.

8. La quantité d'action développée par la machine à vapeur est exprimée par $\frac{P'an'L}{1.48} = 14700\,an'L + 1.15N$; tandis que la quantité d'action transmise est seulement N, le rapport de la force dépensée par la machine à celle que reçoit l'axe de la vis est donc $\frac{N}{14700\,an'L + 1.15N}$ et prend pour chacune des machines du canal les valeurs consignées dans le tableau suivant :

INDICATION des MACHINES.	N	Force développée sur le piston.	Rapport.	Effet utile à obtenir.	Rapport de l'effet utile à la force développée.	Force nominale des machines.	RAPPORTS de l'effet utile à la force nominale.	RAPPORTS de la force nominale à la force développée.	RAPPORTS de la force transmise à la force nominale.
Machine de Labbaye.	$K \times n$	$K \times m$		$K \times m$		$K \times n$			
Spires remplies au 1/3.	59426	154041	0.385	34134	0.221	90000	0.379	0.584	0.660
Machine d'Ors.									
Bief surélevé de 0.20.	74135	180511	0.412	51544	0.283	90000	0.572	0.505	0.822
Bief à l'étiage.	69014	174621	0.394	47556	0.273	90000	0.528	0.517	0.767
Machine de Landrecies.	36708	92047	0.400	24048	0.261	54000	0.444	0.587	0.680

Ainsi la force consommée dans la transmission du

cylindre au volant est à peu près les 0.60 de la force développée sous le piston ; on voit en effet que le rapport de la force transmise à celle-ci, varie seulement entre les limites 0.385 et 0.400.

L'effet utile à obtenir est compris entre les 0.221 et 0.289 de la force totale dépensée. Il n'existe d'ailleurs aucun rapport constant entre la force nominale des machines, la force développée sous le piston, celle transmise ou l'effet utile obtenu, ce qui tient à l'inexactitude des formules pratiques dont les constructeurs se servent généralement pour déterminer la force nominale.

En désignant par P la tension de la vapeur dans les chaudières, l'application de la formule donnée par M. A. Morin, dans son *Aide mémoire de mécanique pratique*, donnerait pour les machines du canal de jonction, une limite supérieure de la force théorique représentée par l'expression :

$$\frac{an'L\,[P - 1.48 \times 10\,300^{k}]}{1.48} \ldots\ldots$$

laquelle deviendrait :

	K × m	ch.
à Labbaye. . . .	142 801	= 31.75
à Ors.	158 732	= 35.27
à Landrecies. . . .	71 247	= 15.83

Ces chiffres forment une limite supérieure qui jamais ne peut être atteinte puisque les pressions dans le cylindre seront toujours, l'une plus faible que la pression P de la chaudière, et l'autre supérieure à la pression atmosphérique 10 300 kilogrammes.

Ces limites sont plus élevées que le chiffre indiquant la force nominale des machines ; mais la différence n'est pas avec cette force dans un rapport constant d'une machine à l'autre, d'où il suit que si cette formule est

celle dont les constructeurs se sont servis, ils y ont appliqué des coefficients de réduction différents.

9. Les équations précédemment obtenues donnent :

$$E = 300\,(n - m)\,\nu h\,,$$

$$P' = 1.48\left(f + p + \frac{3000\,\nu h'\,(1+\delta)}{aL}\cdot\frac{n - 0.50\,m}{n'}\right.,$$

$$\pi = 0.33\,an'L\,(0.142 + 0.0000471\,P'),$$

d'où l'on déduit, en éliminant P' :

$$\nu = \frac{\pi - an'L\,(0.04686 + 0.000023\,(f+p)}{0.069\,(1+\delta)\,h'\,(n - 0.50m)},$$

$$E = 3000\,\frac{n-m}{n - 0.50m}\cdot\frac{h}{h'}\cdot\frac{\pi - an'L(0.04686 + 0.000023(f+p)}{0.069\,(1+\delta)}.$$

Si l'on suppose une machine à vapeur établie et les relations de son engrenage avec la vis d'Archimède déterminées, il pourra se présenter trois cas :

(1°) La vitesse de la machine sera inférieure à celle qui convient pour donner à la vaporisation de la chaudière tout son développement avec la pression maximum du cylindre ; dans ce cas la quantité :

$$\frac{\pi - an'L\,(0.04686 + 0.000023\,(f+p)}{0.069\,(1+\delta)} = A\,,$$

diminuera avec n' : l'effet utile diminuera donc aussi, d'abord proportionnellement à la vitesse, en raison des variations de ce coefficient, et ensuite plus rapidement qu'elle, en raison de celles de la quantité :

$$\frac{n-m}{n - 0.50m} = 1 - \frac{m}{2n - m}.$$

Si la vis était complétement étanche, on aurait $m = 0$, alors la diminution d'effet utile serait seulement proportionnelle à la réduction de vitesse, mais la vaporisation suivrait aussi la même loi, et la dépense de combustible

diminuerait dans le même rapport, d'où il suit qu'alors, la proportion de l'effet utile à la dépense, resterait constante. Mais en raison des pertes de la vis, la loi de décroissance de l'effet utile est plus rapide. Il y a donc avantage à donner à la machine la vitesse correspondant à l'emploi de toute la vapeur que la chaudière peut développer.

(2°) Lorsque cette relation a lieu, on obtient pour chacune des machines les valeurs numériques ci-dessus calculées.

(3°) Si la vitesse de la machine devient plus grande, la valeur de π ne pouvant plus s'accroître, le coefficient A diminue, et l'effet utile décroîtrait lui-même rapidement si les vis étaient parfaitement étanches : la considération de leurs pertes modifie la loi de cette diminution et montre qu'il existe un maximum correspondant à la relation :

$$\frac{dE}{dn}=0,$$

en observant qu'en raison de la détermination de l'engrenage qui lie la machine à la vis, on a $n'=Kn$, on obtiendra pour la valeur de n, convenable au maximum :

$$n=\frac{m}{2}+\sqrt{\frac{m}{2}\left[\frac{\pi}{[0.04686+0.000023(f+p)]aKL}-\frac{m}{2}\right]}$$

or on a :

(1°) A Labbaye $m=10\pi=3^{k}.80K=0.99\,aKL=0.10$,
d'ailleurs $f+p=14\,700^{k}$, d'où $n=26.70$;

(2°) A Ors $m=8.80\pi=4^{k}.26K=1.00\,aKL=0.18$,
d'ailleurs $f+p=14\,700^{k}$, d'où $n=21.00$;

(3°) A Landrecies $m=8.00\pi=2^{k}.27K=1.50aKL=0.106$,
d'ailleurs $f+p=14\,700^{k}$, d'où $n=18.40$.

Or, les valeurs de n, correspondantes au développement total de la vaporisation de la chaudière sont respectivement

à Labbaye 59, à Ors 36, à Landrecies 32; elles dépassent donc celles qui conviennent au maximum de la fonction E; d'où il suit que tout accroissement de vitesse au delà de ces valeurs entraînera une perte correspondante sur l'effet utile.

Ainsi lorsque l'engrenage est déterminé, la vitesse correspondante au maximum d'effet utile est celle qui convient au développement total de la vaporisation de la chaudière avec tension maximum dans le cylindre : en deçà et au delà l'effet utile diminue rapidement.

10. Si l'on suppose au contraire que l'on veuille déterminer les relations de l'engrenage de manière à obtenir des vitesses de rotation différentes pour la vis, sans modifier celles de la machine, le coefficient A reste constant, et la valeur de l'effet utile varie proportionnellement à la quantité :

$$\frac{n-m}{n-0.50m} = 1 - \frac{m}{2n-m}.$$

Si la vis était complétement étanche, cette quantité serait constante puisque l'on aurait $m = 0$; l'effet utile serait donc indépendant de la vitesse de la vis et sa charge varierait en sens inverse de la vitesse.

Mais en raison des pertes de la vis on voit qu'il y aura quelque avantage à augmenter sa vitesse de rotation : cet avantage sera d'autant plus grand que la vis sera moins étanche, et sera exprimé pour des nombres de tours croissant de 30 à 60 et pour $m = 10$, par les nombres du tableau suivant :

n	$1 - \frac{m}{2n-m}$.	RAPPORT des valeurs de $1 - \frac{m}{2n-m}$.
30	0.80	1.0000
40	0.87	1.0875
50	0.89	1.1125
60	0.91	1.1375

Les accroissements sont comme on le voit bien loin d'être proportionnels à ceux de la vitesse, puisqu'à une vitesse double correspond seulement une augmentation de 14 pour 100; encore faut-il observer que les résistances dues aux difficultés de l'introduction de l'eau dans la vis, au choc des hélices contre l'eau du puisard et à la force centrifuge, réduisent notablement ces résultats, et peuvent même en changer complétement le signe.

C'est à l'expérience seule qu'il faut s'en rapporter pour la détermination de la vitesse la plus convenable au jeu des vis d'Archimède : seulement on voit que plus leur construction sera parfaite sous le rapport de la conservation de l'eau dans les spires, et plus il sera convenable de réduire leur vitesse, puisqu'alors l'influence du coefficient $1 - \frac{m}{2n - m}$ devenant très-faible, la réduction de la vitesse diminuera celle des autres résistances que nous n'avons pas évaluées.

Dans les vis des moëres la vitesse de rotation correspondante au produit maximum est de trente-deux tours par minute : nous avons adopté cette limite à Landrecies, mais nous l'avons un peu augmentée à Ors en raison de la plus grande hauteur de chute qui tend à donner plus d'influence aux pertes de la vis.

11. Les considérations qui précèdent permettent d'apprécier toute l'importance du degré d'immersion de la vis.

Lorsque cette immersion a été déterminée de manière à obtenir le plus grand effet utile, si elle vient à diminuer, la machine marche plus vite, la tension dans le cylindre devient plus faible et l'effet utile décroît rapidement.

Si au contraire l'immersion augmente, la tension dans le cylindre reste la même, mais la vitesse diminue, la vaporisation de la chaudière et l'effet utile décroissent dans les mêmes circonstances.

Toute variation du degré d'immersion de la vis amène donc nécessairement une réduction dans l'effet utile.

Si la machine à vapeur est trop faible, eu égard aux dimensions de la vis, le plan d'immersion sera inférieur à celui qui limite les espaces hydrophores et la vis ne pourra fonctionner à pleine charge. C'est ce qui arrive à Labbaye.

Lorsque le plan d'immersion coïncidant avec le plan limite, la machine à vapeur prend la vitesse qui convient au maximum d'effet, il y a correspondance exacte entre la force de la machine et la capacité de la vis.

Mais si le degré d'immersion venant à croître, l'effet obtenu augmente encore malgré les causes nouvelles de perte dues au plus grand enfoncement de la vis sous l'eau, il est certain au contraire qu'alors la machine à vapeur est trop forte pour la capacité de la vis, et qu'une portion notable de la force motrice est inutilement consommée.

12. Nous exposerons maintenant pour chaque machine les résultats obtenus; nous distinguerons ceux qui l'ont été dans les expériences d'épreuve et ceux qu'a donnés le travail journalier pendant une campagne entière, car il y a en général entre eux une différence notable, les mécaniciens chauffeurs attachant, lors des essais, à la conduite de la machine, au degré d'immersion de la vis, un soin et une régularité qu'il est difficile d'obtenir dans un travail continu pendant lequel aussi les variations de niveau du bief d'aval, ne peuvent être resserrées dans d'aussi étroites limites qu'au moment d'une expérience.

Machine de Labbaye, Pl. 82, *fig.* 1, 2 et 3.

Expérience d'épreuve, les 18 et 19 septembre 1839.

Tension indiquée au manomètre, $3^{at}.50$; en réalité, $4^{at}.50$;

Vitesse de la vis, 59 tours par minute;

Vitesse du volant, $27^{\text{tours}}.80$.

Quantité de charbon consommé :

	kilog.
(1°) Pour chauffer la chaudière.	538.50
(2°) Pour la réchauffer le lendemain.	220.00
(3°) Pour marche de la machine pendant 6 heures.	600.00

Volume élevé par minute, $15^{m}.66$; hauteur d'élévation totale, $3^{m}.33$, utile, $2^{m}.15$.

Ainsi l'effet utile de cette machine a été dans l'expérience de $33\,669^{K\times m}$, et a atteint à très-peu près le chiffre 34 134 mètres cubes ci-dessus posé, lequel correspond à une première épreuve non contradictoire. La consommation dans le même temps étant de $\frac{100^{k}}{60} = 1^{k}.67$, il en résulte que l'effet utile correspondant à la consommation d'un kilogramme de houille a été de $20\,155^{K\times m}$.

Travail régulier pendant la campagne de 1842. — Temps total du travail, $593^{h}.45$, en 56 jours, soit par jour $10^{h}.36$,

Volume total élevé, 424 830 mètres cubes, soit par minute, $11^{m.c.}.92$; effet utile, $25\,628^{K\times m}$.

Consommation : 1° pour chauffe, 11 284 kilogrammes.
2° pour marche, 51 555

Effet utile correspondant à la consommation d'un kilogramme de houille pendant la marche $17\,717^{K\times m}$.

Machine d'Ors, *fig.* 7, 8 et 9.

Expérience d'épreuve, e 27 mars 1843.

Tension de la vapeur dans la chaudière, $4^{at.}.80$ à $5^{at.}.00$;

Vitesse de la vis, 35 à 36 tours par minute ;

Vitesse du volant, 17.50 à 18 tours ;

Quantité de charbon consommé pour marche pendant deux heures, 194 kilogrammes,

Volume élevé par minute, $25^{m.c.}.68$; hauteur totale d'élévation, 3 mètres ; utile, 2 mètres

Effet utile obtenu en une minute, 51 360$^{K \times m}$;

Consommation correspondante, $1^{k}.62$;

Effet utile correspondant à la consommation d'un kilogramme de houille, 31 701.

Une circonstance particulière, l'état de remplissage du bief d'amont au-dessus du point de navigation a obligé de forcer dans l'épreuve la hauteur à laquelle cette machine doit habituellement élever les eaux; il est probable que dans sa marche ordinaire l'effet utile augmentera quand les eaux ne devront plus être élevées qu'à $2^{m}.50$;

Cette machine, qui vient d'être établie, n'a pas encore fonctionné d'une manière continue.

Machine de Landrecies, *fig.* 4, 5 et 6.

Expérience d'épreuve, le 1er juillet 1842.

Tension de la vapeur dans la chaudière, 4 atmosphères;

Vitesse moyenne de la vis, 30 à 32 tours par minute;

Vitesse du volant, 22 à 24 tours;

Volume total élevé, 9 074.66 en $6^{h}.32$, soit par minute, $23^{m.c.}.15$;

Hauteur effective, 1.56; utile, 1.30;

Consommation de houille par mille mètres cubes, $28^{k}.95$; par minute, $0^{k}.67$;

Effet utile par minute, 30 095$^{K \times m}$, et par kilogramme de houille, 44 919$^{K \times m}$.

Travail continu pendant la campagne de 1842. — Temps total du travail, 2 263 heures en 135 jours, soit par jour, $16^{h}.45$;

Charbon consommé : 1° pour chauffe, 8 870 kilog.
2° pour marche, 106 362

Soit par minute, $0^{k}.78$.

Volume total élevé, 2 492 742 mètres cubes, soit par minute, 18.35.

Effet utile par minute, 23 855$^{K \times m}$.

Effet utile par kilogramme de houille consommée, $30\,468^{K} \times m$

Les effets obtenus dans l'expérience d'essai ont, comme on le voit, notablement dépassé ceux qui résultent d'un travail de longue haleine ; ceux-ci ont été sensiblement égaux à ceux que nous avons indiqués dans le tableau n° 8.

13. Le tableau suivant présente le résumé de ces expériences. Nous y avons joint comme terme de comparaison les effets utiles obtenus de plusieurs autres machines à vapeur et l'indication des moyennes généralement admises.

INDICATION DES MACHINES.	Dates des expériences.	Volume élevé par minute.	HAUTEUR de l'élévation effective.	HAUTEUR de l'élévation utile.	EFFET dynamique produit par minute. Total.	EFFET dynamique produit par minute. Utile.	Consommation de houille par minute.	EFFET dynamique produit par la consommation de 1 kilogr. de houille. Total.	EFFET dynamique produit par la consommation de 1 kilogr. de houille. Utile.	Force nominale des machines.	RAPPORT de l'effet total à la force nominale.	RAPPORT de l'effet utile à la force nominale.	Vitesse par minute.	OBSERVATIONS.
					Km	Km	kilog.	Km	K × m	K × m				
Machine de Labbaye. Expérience.	1839	15.66	3.33	2.15	51 836	33 669	1.67	38 232	20 161	90 000	0.576	0.374	59	
Machine de Labbaye. Travail continu.	1842	11.92	3.33	2.15	39 467	25 628	1.43	27 284	17 717	90 000	0.439	0.285	59	
Machine d'Ors. Expérience.	1843	25.68	3.00	2.00	76 040	51 360	1.62	47 551	31 701	90 000	0.845	0.571	36	
Machine de Landrecies. Expérience.	1842	23.15	1.56	1.30	36 112	30 095	0.67	56 522	44 919	54 000	0.668	0.556	31	
Machine de Landrecies. Travail continu.	1842	18.35	1.54	1.30	28 149	23 855	0.78	35 968	30 468	54 000	0.521	0.441	30	
Roue à tympans mue par une machine à vapeur.	1842	7.83	2.20	2.00	17 226	15 660	0.47	36 460	32 814	36 000	0.478	0.435	»	
Machine établie à Dunkerque pour les épuisements de l'écluse de chasse (pompe).	1825	2.92	9.20	»	34 864	»	2.00	17.432	»	54 000	0.323	»	25	(a)
Machine du Gros-Caillou, éprouvée par M. Prony (pompe).	1821	1.54	35.00	»	»	50 400	1.00	»	50 400	»	»	»	16	(b)
Machine de Beziers (pompe).	1831	0.288	68.34	»	»	19 725	0.469	»	42 000	»	»	»	18	(c)
Albion Mils (de Pambour).	1838	»	»	»	»	223 380	3.04	»	73 425	»	»	»	20	(d)
Machines employées aux mines de Valenciennes (Genyès).	1824	»	»	»	»	»	»	»	31 500	»	»	»	»	
Machine de M. Frémot (Genyès).	»	»	»	»	»	»	»	»	87 000	»	»	»	»	
Machine employée à Londres (Genyès).	»	»	»	»	»	»	»	»	96 000	»	»	»	»	
Moyenne des machines fixes (Rastrik).	1831	»	»	»	»	»	»	39 829	»	»	»	»	»	
Idem idem (Stephenson).	1831	»	»	»	»	»	»	33 372	»	»	»	»	»	
Moyenne des machines locomotives (Rastrik).	1831	»	»	»	4 514	1 955	0.235	19 154	8 300	»	»	»	»	
Idem idem (Stephenson).	1831	»	»	»	4 514	2 440	0.254	17 800	9 632	»	»	»	»	
Moyenne des machines fixes à détente sans condensation (Morin).	1836	»	»	»	»	»	»	55 000	»	»	»	»	»	

(*a*) Coups de piston. — (*b*) Tours de volant. — (*c*) A 20 tours de volant. — (*d*) Tours de volant.

La comparaison de ces résultats vérifie ce que nous avons dit (art. 14) sur l'infériorité relative des vis d'Archimède, sous le rapport de l'économie de combustible. On voit que dans un travail continu la consommation d'un kilogramme de houille n'a produit que $17^{dyn.}.717$ à Labbaye et $30^{dyn.}.468$ à Landrecies. Or, la roue à tympans essayée à Ors a donné $32^{dyn.}.81$. Les pompes du Gros-Caillou et de Béziers, $50^{dyn.}.40$ et $42^{dyn.}.00$. Enfin la moyenne admise par les ingénieurs anglais varie de $33^{dyn.}.37$ à $39^{dyn.}.82$ et M. Arthur Morin donne pour ce nombre le chiffre de 55 dynamies. On voit que sous ce rapport les vis d'Archimède occupent à peu près le dernier rang entre les machines comprises dans ce tableau.

14. Le prix de revient du mètre cube dans la campagne de 1842 peut être établi comme il suit :

1° *A Labbaye. — Frais annuels constants.*

	fr.
Intérêts des capitaux employés à la construction des bâtiments et machines, 5 pour 100 de 65 000 fr.	3 250.00
Amortissement, 1 pour 100	650.00
Dépréciation des machines sur une valeur de 35 000 fr. à 6 pour 100	2 100.00
	6 000.00

Dépenses courantes variables.

	fr.	
Salaires, entretien et réparation	618.45	1 706.78
Combustible pour chauffe	196.24	
——— pour marche	892.09	
Dépenses totale		7 706.78

Volume total élevé, $424\,830^{m.c.}.50$.

Dépense par 1 000 mètres cubes, $18^{fr.}.01$.

La hauteur utile de l'élévation étant de $2^{m}.15$, il en résulte que le prix de revient de 1 000 mètres cubes élevés à un mètre, s'est élevé pour cette machine à $8^{fr.}.37$. La durée du travail a été de 56 jours.

2° *A Landrecies. — Frais annuels constants.*

	fr.
Intérêts des capitaux employés à la construction des bâtiments et machines à 5 pour 100 sur 23 500 fr.	1 175.00
Amortissement, 1 pour 100.	235.00
Dépréciation des machines sur une valeur de 13 500 fr. pour 000.	810.00
	2 220.00

Dépenses courantes.

	fr.	
Salaires, entretien et réparation.	2 175.20	4 191.03
Combustible pour chauffe.	204.33	
——————— pour marche.	1 811.50	
Dépense totale.		6 411.03

Volume total élevé, 2 492 742 mètres cubes.

Dépense par 1 000 mètres cubes, 2fr.60.

La hauteur utile étant 1m.30, le prix de revient de 1 000 mètres cubes élevés à un mètre s'est élevé à 2 fr.

L'expression générale du prix de revient de 1 000 mètres cubes élevés à un mètre de hauteur se compose de trois éléments distincts, savoir :

(1°) Les frais annuels constants comprenant l'intérêt, l'amortissement des capitaux, la dépréciation des machines ;

(2°) Les frais journaliers, salaires de mécanicien, chauffeurs et combustible pour chauffe des chaudières ;

(3°) Les dépenses proportionnelles au travail effectif des machines, entretien, réparation et consommation de combustible pendant la marche.

Désignons par V le nombre de mille mètres cubes élevés dans l'année, par J le nombre de jours de travail, et par H la hauteur d'élévation utile ; soient C le montant des frais constants annuels, F celui des frais journaliers, et a la dépense proportionnelle à l'élévation de 1 000 mètres cubes à un mètre de hauteur pour entretien et combustible, on aura pour l'ensemble des dépenses annuelles :

$$C + FJ + aVH,$$

et pour le prix de revient de 1 000 mètres cubes élevés à un mètre :

$$x = \frac{C}{VH} \quad \frac{FJ}{VH} + a.$$

Les valeurs de F et de a peuvent être déduites des expériences de 1842, pour l'ensemble des deux machines.

Les dépenses courantes se sont élevées :

			fr.
A Labbaye, à.			1 706.78
A Landrecies, à.			4 191.03
			5 897.81
Le combustible pour chauffe a coûté.	fr. 400.57	}	1 755.57
Et les salaires.	1 355.00		
Reste pour entretien, réparation et combustible pendant la marche.			4 142.24

Or, le nombre total de dynamies produites est de 4 153 849 ; donc on aura par mille dynamies $a = 0^{fr}.997$, soit en nombres ronds $a = 1$ fr.

L'ensemble des dépenses journalières a été de $1\,755^{fr}.57$ pour 191 jours, d'où $F = 9.17$. En adoptant ces coefficients et désignant par ν le volume journellement élevé, on aura :

$$V = \nu J,$$

et

$$x = \frac{C}{\nu JH} + \frac{9.17}{\nu H} + 1 \text{ fr.}$$

15. Le prix de mille mètres cubes élevés depuis l'Helpe mineure jusqu'au bief de partage, a été le suivant pour la campagne de 1842.

DÉSIGNATION.	Dépense totale.	Hauteur utile.	Dépense par mètre de hauteur utile.	Capitaux.	Dépense courante.
	fr.	mèt.	fr.	fr.	fr.
A l'écluse de Labbaye ci-dessus.	18.01	2.15	8.37	6.68	1.69
Al'écluse d'Ors. On s'est servi d'une roue à tympans louée à M. Hallette, fabricant de machines à vapeur à Arras. Frais annuels : fr.					
Loyer et travaux d'appropriation. . 3 337.23					
Salaires, entretien, réparation. . . 2 599.46					
Combustible. 1 331.78					
Somme. 7 268.47					
Volume total élevé, 1 157 897 mètres cubes, soit par mille mètres cubes.	6.28	2.00	3.14	1.45	1.69
A l'écluse de Landrecies ci-dessus.	2.60	1.30	2.00	0.68	1.32
Subvention pour la machine des Étoquis, sur la Sambre canalisée. Total pour 1842, 2 324fr.22. Volume fourni, 843 847, soit par mille mètres.	2.75	1.37	2.00	0.80	1.20
Dépense totale pour élévation à 6m.82 de hauteur utile.	29.64	6.82	4.34	2.86	1.48

Ainsi le prix de revient de 1 000 mètres cubes relevés, depuis l'Helpe mineure jusqu'au bief de partage, s'est élevé en 1842 à 29fr.64 (3).

Cependant dans cette année très-sèche, l'ensemble des volumes élevés a été considérable et par conséquent les frais généraux proportionnels à chaque unité, moindres qu'ils ne le sont dans une année ordinaire.

La machine d'Ors étant complétement établie aujourd'hui, l'ensemble des frais annuels s'élèvera à la somme totale de 13 380 fr., savoir :

(3) La dépense effective de la machine des Étoquis a été la suivante :

Intérêt, amortissement et dépréciation. 3 696fr.57 } 7 810fr.30 dépense totale.
Frais de service et combustible. . . . . 4 113fr.73 }

Volume total élevé, 2 219 960 mètres cubes, soit par 1 000 mètres cubes, 3fr.518 : la hauteur de chute de l'écluse étant de 1m.37, il en résulte que l'élévation de 1 000 mètres cubes à un mètre de hauteur utile, y a coûté en 1842, 2fr.567. En substituant le prix 3fr.518 à celui qu'a payé l'administration du canal de jonction (2fr.75) dans l'addition ci-dessus, on obtient pour la dépense effective faite par les deux canaux pour 1 000 mètres cubes relevés, 30fr.41 au lieu de 29fr.64.

Machine de Labbaye.		6 000 fr.
Machine d'Ors :		
Intérêts à 5 pour 100, capital, 40 000 fr. . . .	2 000 fr.	3 660
Amortissement, 1 pour 100.	400	
Dépréciation des machines, 6 p. 100 sur 21 000 f.	1 260	
Machine de Landrecies.		2 220
Machine des Étoquis :	fr:	
Intérêts, 5 pour 100, capital, 42 109fr.51. . .	2 105.47	
Amortissement.	421.10	
Dépréciation des machines, 19 500 fr. à 6 p. 100.	1 170 00	
Total des frais annuels.	3 696.57	
Sur quoi le canal de jonction doit payer.		1 500
Total ci-dessus.		13 380 fr.

Le prix à payer par mille mètres cubes d'eau élevés par la machine des Étoquis à la Sambre canalisée a été fixé à 1fr.80; si donc l'on désigne par V le volume total élevé pendant une année de l'Helpe mineure au bief de partage, par $\nu_1\nu_2\nu_3\nu_4$ les volumes élevés par les machines de Labbaye, d'Ors, de Landrecies et des Étoquis, $h_1h_2h_3h_4$ leurs chutes, et $J_1J_2J_3J_4$ le nombre de jours de travail, l'ensemble des dépenses du canal de jonction sera :

$$13\,380 + 9.17(J_1+J_2+J_3) + (\nu_1h_1+\nu_2h_2+\nu_3h_3)a + 1.80\nu_4;$$

de plus on aura :

$$V = \frac{\nu_1h_1+\nu_2h_2+\nu_3h_3+\nu_4h_4}{h_1+h_2+h_3+h_4};$$

donc le prix de revient de mille mètres cubes à la hauteur H sera (en observant que

$$a = 1.00,\ h_1 = 2.15,\ h_2 = 2.00,\ h_3 = 1.30,\ h_4 = 1.37),$$

$$y = \frac{13\,380\text{ fr.} + 9.17(J_1+J_2+J_3) + 2.15\nu_1 + 2.00\nu_2 + 1.30\nu_3 + 1.80\nu_4}{0.31\nu_1 + 0.29\nu_2 + 0.19\nu_3 + 0.20\nu_4},$$

en 1843 l'on a eu :

$$\nu_1 = 0 \qquad J_1 = 0,$$
$$\nu = 152\,000 \qquad J_2 = 13,$$
$$\nu = 9\,540 \qquad J_3 = 5,$$
$$\nu_4 = 37.00,$$

d'où

$$y = \frac{13\,380 + 9.17 \times 18 + 304 + 124 + 67.60}{44 + 18.80 + 7.40} = 200^{\text{fr.}}.57,$$

on a trouvé ci-dessus pour 1842, $y = 29.64$.

Ces deux valeurs correspondant à des années remarquables, l'une par la sécheresse et l'autre par la fréquence des pluies, nous paraissent fournir deux limites, l'une supérieure et l'autre inférieure, du prix de revient : dans les années ordinaires il restera donc compris entre les nombres $29^{\text{fr.}}.64$ et $200^{\text{fr.}}.57$, soit par mètre cube $0^{\text{fr.}}.02964$ et $0^{\text{fr.}}.201$.

16. La dépense de combustible, pour marche des machines seulement, a été en 1842, de $4^{\text{fr.}}.80$ pour mille mètres cubes relevés de l'Helpe mineure au bief de partage. Cette dépense forme seulement les 0.16 du prix de revient correspondant à cette année : cette proportion serait beaucoup plus faible encore dans une année où les machines auraient dû fonctionner moins longtemps. La petitesse relative du nombre qui exprime ici l'influence de la consommation de combustible, explique la préférence donnée aux vis d'Archimède, moins coûteuses à construire, entretenir et réparer, malgré l'excédant de consommation qu'elles nécessitent, et leur infériorité bien constatée sous ce rapport.

Dans le cas d'un travail continu, l'influence des consommations quotidiennes deviendrait au contraire prédominante, et motiverait, selon toute apparence, le choix d'un autre mécanisme : dans les circonstances données, nous croyons que celui-ci fournit la solution la plus simple et la plus économique du problème de l'élévation à une faible hauteur de volumes d'eau considérables pendant un certain nombre de jours limité, variable, d'une année à l'autre.

17. Les différents volumes v_1, v_2, v_3, v_4 à élever par cha-

cune des machines, peuvent s'exprimer en fonction des données expérimentales qui déterminent les excédants et les déficits quotidiens des divers biefs et du mouvement de la navigation sur le canal.

Soient :

$\pi_1\pi_2\pi_3\pi_4$ les déficits quotidiens à partir du bief de partage;

$h_1h_2h_3h_4$ les chutes des écluses du versant de la Sambre et H leur somme ;

h' celle de l'écluse du Bois-du-Gard, la première du versant de l'Oise ;

$n_1n_2n_3n_4$ le nombre des passages à chacune des écluses ;

m le coefficient moyen exprimant le rapport des sassées effectives au nombre total des passages ;

Ω la surface commune des sas ;

T l'excédant moyen du tonnage en descente sur l'Oise ;

r_1 le volume quotidien fourni par les réservoirs;

le bief de partage recevra par jour le volume $r_1+\nu_1$, lequel doit couvrir le déficit π_1, et assurer les dépenses des sassées qui sont sur le versant de l'Oise $n_1(m\Omega h'-\mathrm{T})$, et sur le versant de la Sambre $n_1(m\Omega h_1+\mathrm{T})$, soit en totalité $m\Omega n_1(h'+h_1)$, on aura donc :

$$\nu_1=m\Omega n_1(h'+h_1)+\pi_1-r_1.$$

Le bief inférieur recevra par jour le volume ν_2 et les sassées de la première écluse du bief de partage sur ce versant $(m\Omega n_1+\mathrm{T})n_1$.

Il devra couvrir le déficit π_2, fournir le volume ν_1 au bief de partage et les sassées de l'écluse inférieure $(m\Omega h_2+\mathrm{T})n_2$, d'où :

$$\nu_2+(m\Omega h_1+\mathrm{T})n_1=\pi_2+\nu_1+(m\Omega h_2+\mathrm{T})n_2,$$

et $$\nu_2=m\Omega(h'n_1+h_2n_2)+\mathrm{T}(n_2-n_1)+\pi_2+\pi_1-r_1,$$

de même $$\nu_3=m\Omega(h'n_1+h_3n_3)+\mathrm{T}(n_3-n_1)+\pi_3+\pi_2+\pi_1-r_1,$$

$$\nu_4=m\Omega(h'n_1+h_4n_4)+\mathrm{T}(n_4-n_1)+\pi_4+\pi_3+\pi_2+\pi_1-r_1.$$

Sur un canal destiné surtout à un transit important,

les quantités $n_2 - n_1$, $n_3 - n_1$, $n_4 - n_1$ qui expriment l'importance des transports quotidiens destinés aux localités comprises dans les premiers biefs sont à peu près constantes d'une année à l'autre ; en les représentant par b, c, d, on aura :

$$\nu_1 = m\Omega n_1(h' + h_1) + \pi_1 - r_1,$$
$$\nu_2 = m\Omega n_1(h' + h_2) + \pi_2 + \pi_1 - r_1 + b(T + m\Omega h_2),$$
$$\nu_3 = m\Omega n_1(h' + h_3) + \pi_3 + \pi_2 + \pi_1 - r_1 + c(T + m\Omega h_3),$$
$$\nu_4 = m\Omega n_1(h' + h_4) + \pi_4 + \pi_3 + \pi_2 + \pi_1 - r_1 + d(T + m\Omega h_4).$$

Désignons par V le volume moyen élevé à la hauteur totale H, il vient :

$$V = \frac{\nu_1 h_1 + \nu_2 h_2 + \nu_3 h_3 + \nu_4 h_4}{H} = m\Omega n_1\left(h' + \frac{h_1^2 + h_2^2 + h_3^2 + h_4^2}{H}\right) +$$
$$+ \pi_1 - r_1 + \pi_2\left(1 - \frac{h_1}{H}\right) + \pi_3\left(1 - \frac{h_1 + h_2}{H}\right) + \pi_4\left(1 - \frac{h_1 + h_2 + h_3}{H}\right) +$$
$$+ T\frac{bh_2 + ch_3 + dh_4}{H} + m\Omega\left(\frac{bh_2^2 + ch_3^2 + dh_4^2}{H}\right).$$

18. Les valeurs numériques constantes d'une année à l'autre sont pour le canal de jonction de la Sambre à l'Oise $\Omega = 223$ mètres, $h_1 = 2^m.15$, $h_2 = 2^m.00$, $h_3 = 1^m.30$, $h_4 = 1^m.37$, $H = 6.82$, $h' = 1.94$ (la chute totale de $2^m.91$ est réduite à ce chiffre par l'emploi du réservoir latéral) ; on a de plus $T = 80$ $b = c = 1.00$ $d = 3.50$.

La valeur de m applicable à une circulation active, est $m = 0.75$, d'où l'on déduit :

$$\nu_1 = 684n_1 + \pi_1 - r_1,$$
$$\nu_2 = 659n_1 + \pi_1 + \pi_2 - r_1 + 414.50,$$
$$\nu_3 = 542n_1 + \pi_1 + \pi_2 + \pi_3 - r_1 + 297.42,$$
$$\nu_4 = 553n_1 + \pi_1 + \pi_2 + \pi_3 + \pi_4 - r_1 + 1082,$$
$$V = 605n_1 + \pi_1 + 0.685\pi_2 + 0.39\pi_3 + 0.20\pi_4 + 394.35 - r_1.$$

Afin d'obtenir, dans les appréciations qui suivent, des valeurs maxima pour ν_1, ν_2, ν_3, ν_4, V, nous prendrons pour r_1 la valeur minimum 5 000 mètres cubes.

Les quantités π_1, π_2, π_3 ont été déterminées expérimentalement pour le canal de jonction pendant les années 1841, 1842 et 1843 (*voir* l'art. 2 ci-dessus).

La valeur de π_4, correspondant à la Sambre canalisée, n'a été déterminée qu'approximativement en 1842, pour 57 jours d'observations, du 4 juin au 1er août.

	m.c.	m.c.
Dans cet intervalle, le bief des Étoquis a reçu de la machine	1 437 277	1 479 883
Et des sassées supérieures	32 606	
Il a dépensé pour navigation environ	80 000	1 285 506
Pour fourniture à la machine supérieure	1 205 506	
Déficit		184 377

d'où

$$\pi_4 = \frac{184\,377}{57} = 3\,234.$$

On déduit des quantités données par l'observation dans les divers biefs du canal, les résultats consignés dans le tableau suivant :

INDICATIONS.	ANNÉES 1841.	1842.	1843.
Bief de partage.			
Valeur de π_1	$-9\,103$	$-1\,075$	$-8\,973$
Expression générale de v_1	$684n_1-14103$	$684n_1-6075$	$684n_1-13973$
Bief n° 2, *d'Ors.*			
Valeur de π_2	3 599	6 122	1 971
Expression générale de v_2	$659n_1-10099.50$	$659n_1+461.50$	$659n_1-11587.50$
Valeur de n_1 correspondante à $v_2=0$	15.30	»	17.60
Bief n° 3, *de Landrecies.*			
Valeur de π_3	2 478	9 451	-130.00
Expression générale de v_3	$542n_1-7738.58$	$542n_1+9795.42$	$542n_1-11834.58$
Valeur de n_1 correspondante à $v_3=0$	14.20	»	21.80
Bief n° 4, *des Étoquis.*			
Valeur de π_4	»	3 234	»
Expression générale de v_4	»	$553n_1+13814.00$	»
Valeur de n_1 correspondante à $v_4=0$	»	»	»
Valeur de V	$605n_1-10277+0.20\pi_4$	$605n_1+2846$	$605n_1-12279+0.20\pi_4$

D'où il suit que si en 1841 les réservoirs eussent été achevés, l'ensemble des ressources alimentaires eût permis d'assurer une circulation de $14^{b}.20$ sans travail des machines. La circulation effective a été de huit bateaux, et le bief de partage était de $0^{m}.49$ au-dessus du niveau minimum lors du chômage.

En 1843 la limite inférieure de l'activité de la circulation eût été de $17^{b}.60$; mais cette limite n'a pas été atteinte : le mouvement n'a pas dépassé huit bateaux, une grande partie des réservoirs est restée pleine jusqu'au chômage; au contraire, en 1842, l'entretien des biefs d'Ors et de Landrecies aurait exigé le travail des machines, quelle que fût l'activité de la circulation ; aussi a-t-il été nécessaire d'épuiser, pour les maintenir jusqu'à l'achèvement de la machine de Landrecies, la majeure partie des réserves supérieures.

Il ne faut d'ailleurs pas perdre de vue que les résultats ci-dessus, déduits de valeurs moyennes observées pendant de longues périodes, représentent seulement l'état moyen correspondant à ces périodes : il peut arriver, même dans les années les plus humides, qu'une série de jours de sécheresse rende nécessaire l'emploi des machines, tandis que dans l'hypothèse d'une répartition uniforme il pourrait ne pas avoir lieu. C'est ainsi qu'avant le chômage de 1843 la machine d'Ors a dû fonctionner pendant un très-petit nombre de jours, et élever 80 397 mètres cubes. De même aussi l'on doit s'attendre à voir les valeurs maxima du travail des machines dépasser, dans certains jours d'étiage absolu, les moyennes trouvées ci-dessus.

19. Nous chercherons, d'après ces données, à déterminer la limite de la circulation qu'il est possible d'entretenir sur le canal avec les ressources actuelles.

Supposons, pour le faire, que l'on étende au cinquième bief l'emploi des notations adoptées ci-dessus (art. 17), on trouvera alors pour la valeur de v_5 l'expression :

$$\nu_5 = m\Omega n_1(h' + h_5) + \pi_5 + \pi_4 + \pi_3 + \pi_2 + \pi_1 - r_1 + e(T + m\Omega h_5);$$

mais comme il n'existe pas de machine à la cinquième écluse, le niveau doit être maintenu sans relèvement artificiel; on doit donc avoir $\nu_5 = 0$, d'où

$$n_1 = \frac{r_1 - (\pi_1 + \pi_2 + \pi_3 + \pi_4 + \pi_5) - e(T + m\Omega h_5)}{m\Omega(h' + h_5)}.$$

Les valeurs de e et de h_5 sont respectivement 3.50 et 1.35, donc :

$$n_1 = \frac{3921 - (\pi_1 + \pi_2 + \pi_3 + \pi_4 + \pi_5)}{550}.$$

La valeur de la somme $\pi_1 + \pi_2 + \pi_3 + \pi_4 + \pi_5$ que nous désignerons par le signe $\int \pi_1 \ldots\ldots \pi_5$ est indépendante, ainsi qu'il est facile de le prévoir, du volume de toutes les filtrations qui peuvent être relevées par les machines.

Soient, en effet, p'_1, p'_2, p'_3, p'_4, p'_5 les pertes par évaporation et imbibition de chacun des biefs;

f_1, f_2, f_3, f_4, f_5 le volume des filtrations qui s'écoulent de chacun des biefs et affluents dans celui qui les suit immédiatement en aval;

a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 le produit des affluents naturels de chaque bief;

f'_1 les pertes du bief de partage sur le versant de l'Oise;

f'_2 les filtrations du bief d'Ors qui affluent en aval de l'écluse de Landrecies;

f'_4 les filtrations du bief des Étoquis qui tombent dans le sixième bief;

on aura successivement :

$$\pi_1 = f_1 + f'_1 + p'_1 - a_1;$$
$$\pi_2 = f_2 + f'_2 + p'_2 - a_2 - f_1;$$
$$\pi_3 = f_3 + p'_3 - a_3 - f_2;$$
$$\pi_4 = f_4 + f'_4 + p'_4 - a_4 - f_3 - f_2;$$
$$\pi_5 = f_5 + p'_5 - a_5 - f_4.$$

d'où l'on déduira :

$$\int \pi_1 \ldots\ldots \pi_5 = \int p_1' \ldots\ldots p_5' + f_1' + f_4' + f_5' - \int a_1 \ldots\ldots a_5.$$

L'expression $\int p_1 \ldots\ldots p_5$ indique la somme totale des pertes par évaporation et imbibition, lesquelles sont proportionnelles à la longueur totale 26 ^{k}.80 et peuvent être représentées par 26.80 K (K étant un coefficient constant).

La somme $\int a_1 \ldots\ldots a_5$ comprend le produit de tous les affluents naturels du canal, depuis le bief de partage jusqu'à l'Helpe mineure; nous l'appellerons A. On aura donc :

$$\int \pi_1 \ldots\ldots \pi_5 = 26.80\text{K} - \text{A} + f_1' + f_4' + f_5,$$

$$\text{et } n_1 = \tfrac{1}{550}[3929 + \text{A} - 26.80\text{K} - (f_1' + f_4' + f_5)].$$

Les expériences de 1842 permettent d'obtenir une seconde expression de la somme ci-dessus : on a vu en effet plus haut que la machine des Étoquis a élevé, depuis le 4 juin jusqu'au 1er août, un volume total de 1 437 277 mètres cubes. Les chutes des écluses n°s 5 et 4 étant égales, à 0^{m}.02 près, les dépenses des sassées ne diffèrent pas sensiblement de l'une à l'autre. D'où il suit que le bief n° 5 a présenté un volume disponible de 1 437 277 mètres cubes en 57 jours, soit par jour $\pi_5 = -25215$ mètres cubes, d'où enfin

$$\int \pi_1 \ldots\ldots \pi_5 = 6122 + 9451 + 3234 - 1075 - 25215 = -7483,$$

et $$n_1 = \tfrac{1}{550}[11412] = 20.70,$$

on aura aussi :

$$7483 = \text{A} - 26.80\text{K} - (f_1' + f_4' + f_5),$$

d'où :

$$\text{A} = 7483 + 26.80\text{K} + f_1' + f_4' + f_5.$$

Cette dernière relation fournit un moyen d'évaluer approximativement l'ensemble des volumes fournis par les affluents naturels, ou du moins d'en obtenir une limite inférieure.

On sait en effet que la valeur de K est comprise entre

les limites 350 mètres cubes et 490 mètres cubes. (Recherches de M. Comoy sur l'alimentation du canal du Centre.) En adoptant la moyenne K = 420, on aura :

$$A = 18739 + f'_1 + f'_4 + f_5.$$

Les valeurs de A et de n_1, ci-dessus déterminées, constituent de véritables minima. L'on n'a pas en effet tenu compte des lâchures qui ont pu être faites à l'écluse d'Achette (n° 5), pendant que la machine des Étoquis n'a pas fonctionné. Cette écluse n'appartenant pas au canal de jonction, nous n'avons aucun document précis sur ses manœuvres dans la période que nous avons considérée. Si l'on désigne par U le volume total écoulé pendant ce temps à l'écluse n° 5, l'expression rigoureuse de n_1 et de A sera

$$n_1 = 20.70 + \frac{U}{550 \times 57} = 20.70 + 0.0000312U,$$

$$A = 18.739 + 0.017U + f'_1 + f'_4 + f_5.$$

Ainsi le volume disponible est en totalité :

$$r_1 + A = 23\,739 + 0.017U + f'_1 + f'_4 + f_5.$$

La réparation des pertes par évaporation et imbibition absorbe. . . . . 11 256 mètres cubes.

Celles qui ont lieu dans le bief de partage à l'écluse du Bois-du-Gard, et les filtrations des biefs n°s 4 et 5 consomment $f'_1 + f'_4 + f_5$; il reste donc pour le volume applicable à la navigation. . . . . 12 483 + 0.017U.

Sur quoi la navigation particulière aux biefs inférieurs au bief de partage exige une fourniture quotidienne de 1 071

Reste enfin pour les passages au bief de partage . . . . . 11 412 + 0.017U.

Volume qui correspond à un nombre de passages = ... 20.70 + 0.0000312U.

20. Quelques observations faites, pendant le chômage

de 1842, par M. de Gayffier, ingénieur civil attaché à la Sambre canalisée, permettent de déterminer une limite supérieure de la valeur de n_1.

Dans les derniers jours d'août 1842, le produit des affluents du bief n° 5, maintenu à $1^m.00$ de hauteur, s'est élevé à 19 073 mètres cubes en vingt-quatre heures ; les ruisseaux de la rive gauche n'ayant pas donné d'eau pendant les observations, ce volume représente celui de l'Helpe mineure, le seul d'ailleurs sur lequel on puisse compter dans les sécheresses.

De plus, il a été constaté le 17 août, qu'avant le chômage de 1842 il se faisait, à travers le déversoir des Étoquis une perte journalière de 12 347 mètres cubes.

D'où il suit que le bief n° 5 recevait en totalité 31 420 mètres cubes, savoir :

De l'Helpe.	19 073 m.c.
Du bief des Étoquis.	12 347
Total pareil.	31 420 m.c.

Mais comme ce bief était entretenu alors au niveau de navigation fixé par les règlements à $2^m.35$, il est certain que ses pertes devaient être beaucoup plus considérables que pendant le jaugeage. Donc le volume disponible était inférieur au volume ci-dessus, d'où :

$$-\pi_5 < 31\,420 \text{ mètres cubes.}$$

L'adoption de la valeur $\pi_5 = -31\,420$ fournira donc des limites maxima ; elles seront :

$$n_1 = 32,$$

$$\text{et } A = 24\,944 + f'_1 + f'_4 + f_5.$$

Ainsi les valeurs de n_1 seront comprises entre 20.70 et 32.00, et celles de $A - (f'_1 + f'_4 + f_5)$ entre 18739 et 24 944.

Nous adopterons les moyennes $n_1 = 26$,

$$\text{et } A - (f'_1 + f'_4 + f_5) = 21\,841,$$

qui dans l'état actuel des faits observés représentent d'une manière suffisamment exacte la valeur des ressources alimentaires dans les années les plus défavorables.

Les volumes à élever par les machines, pour l'entretien d'une telle circulation, eussent été dans l'année 1842 :

$$\nu_1 = 11\,709.00,$$
$$\nu_2 = 17\,595.50,$$
$$\nu_3 = 23\,887.42,$$
$$V = 18\,576.00.$$

Mais les valeurs ν_1, ν_2, ν_3, dépendent essentiellement du volume des filtrations qui doivent être relevées à chaque écluse ; elles diminueront donc au fur et à mesure de l'étanchement des divers biefs : déjà dans le bief de Landrecies, on a réduit le volume quotidien des filtrations de 5 000 mètres cubes, en sorte que pour une année semblable, sous le rapport de la sécheresse, à celle de 1842, l'on aurait $\pi_3 = 4451$ au lieu de 9451, d'où :

$$\nu_1 = 11\,709.00,$$
$$\nu_2 = 17\,595.50,$$
$$\nu_3 = 18\,887.42.$$

Les volumes maxima à élever par les machines, en raison de leur force effective, sont :

(1°) A Labbaye, 22 500 mètres cubes ;

(2°) A Ors, de 30 000 mètres cubes à 36 000 mètres cubes ;

(3°) A Landrecies, 27 000 mèt. cub. à 33 000 mèt. cub.

D'où il suit que leur travail moyen restera inférieur aux limites de leur effet maximum. Mais on doit s'attendre à ce qu'elles soient obligées de développer toute leur force pendant certaines parties de la période d'alimentation, dans les jours de sécheresse absolue et lorsque la circulation quotidienne dépassera notablement la moyenne.

Le maximum de circulation correspondant à l'emploi total de la force des machines étant au moins de 53 pas-

sages, absorberait tout le temps disponible pour la manœuvre des écluses, et par conséquent jamais le service de la navigation ne pourra être arrêté par elles tant qu'elles fonctionneront régulièrement.

21. Si les machines constituaient les seules ressources du système d'alimentation, l'interruption d'une ou de plusieurs d'entre elles entraînerait presque immédiatement le chômage de toutes les autres et arrêterait la navigation. On pourrait y parer au moyen de machines de secours destinées à remplacer momentanément celles qui s'arrêteraient. L'administration du canal de jonction a conservé dans ce but, en 1843, une roue à tympans qu'elle avait louée ; mais l'emploi de ces moyens auxiliaires, motivé alors par l'essai que l'administration voulait faire de la même machine appliquée au dragage des biefs du canal, ne nous paraît pas constituer la solution la plus économique de la question. Nous croyons que, dans les moments d'interruption des machines, le service doit être assuré par l'emploi des réserves supérieures qui, fournissant alors pendant un petit nombre de jours, les volumes nécessaires à l'entretien de la navigation, régularisent le service et le mettent à l'abri de toutes chances d'interruption. De là la nécessité d'établir entre le mouvement effectif de la navigation, le volume des réserves et les besoins des divers biefs une relation qui permette de satisfaire à cette condition.

Aujourd'hui la circulation réalisée dans la période d'alimentation est en moyenne de huit bateaux par jour : les volumes à élever dans les années de sécheresse seront donc moyennement :

A Labbaye. . . $v_1 = 0$,
A Ors. . . . . $v_2 = 5\,736$,
A Landrecies. . $v_3 = 9\,131$.

D'où il suit que l'interruption de la machine de Lan-

drecies exigerait seulement une addition de 9 131 mètres cubes à la fourniture quotidienne des réservoirs, ce qui triplerait à peu près leur dépense. Les interruptions ne pouvant guère excéder une limite de dix à quinze jours, il en résulte que dans l'état actuel la capacité des réservoirs est plus que suffisante pour assurer le service. Il suffira, pour empêcher qu'il n'en résulte aucune diminution dans les ressources alimentaires, d'augmenter, soit avant, soit après l'interruption, le travail moyen des machines, de manière à maintenir toujours présent dans les biefs et réservoirs supérieurs à Landrecies, un volume disponible de 136 965 mètres cubes correspondant à une interruption de quinze jours.

Il est visible que dans l'état actuel de la circulation ces manœuvres seront toujours possibles et faciles ; mais on voit en même temps qu'il existe une valeur de n_1 pour laquelle cette compensation cesse d'être possible, et il est facile de la déterminer. Soit x cette valeur, le travail quotidien des machines devra être dans les années de sécheresse :

$$\nu_1 = 684x - 6\,075,$$
$$\nu = 659x + 461.50,$$
$$\nu = 542x + 4\,795.42.$$

Il est facile de voir que l'on aura toujours $\nu_3 > \nu_2 > \nu_1$, donc le maximum du volume à dépenser, en cas d'interruption du service des machines, sera :

$$15\nu_3 = 8\,130x + 71\,931.30.$$

D'un autre côté, le maximum du volume à tirer de l'Helpe mineure pour l'entretien de la navigation dans les mêmes circonstances

A été trouvé ci-dessus de 11 412 — 5 000 = ...	6 412
Son maximum déduit des observations du n° 20 serait. . .	13 250
Moyenne.	9 831

Le volume disponible pour reconstituer la réserve sera donc par jour $9831 - 550x$.

Si donc on désigne par T le nombre de jours nécessaire à cette opération, on devra avoir l'égalité :

$$(9831 - 550x)\,T = 8130x + 71931.30,$$

d'où :

$$x = \frac{9831T - 71931.30}{8130 + 550T}.$$

En prenant pour maximum de T une durée de trois mois T=90, on obtiendra la limite supérieure de la valeur de $x = 14$.

La reconstitution des réserves cessera donc d'être possible dans les années les plus défavorables lorsque la circulation effective aura atteint le nombre de quatorze passages par jour.

22. Nous pensons qu'il sera indispensable alors de chercher à augmenter les ressources alimentaires.

En effet, une circulation moyenne de quatorze bateaux par jour produira souvent des maxima de trente à trente-cinq passages, et comme le relèvement de l'Helpe mineure combiné avec les réserves ne pourrait en fournir que vingt-six, il y aurait dans les moments de sécheresse interruption et arrêt dans la marche des bateaux.

Il sera donc nécessaire alors d'augmenter le volume des réserves, ou de rechercher dans les affluents inférieurs à l'Helpe mineure de nouvelles eaux. Les données de fait acquises depuis les dernières années, permettent d'établir aujourd'hui entre les deux systèmes une comparaison plus exacte et plus complète sous le rapport de l'économie.

Il existe entre ces deux modes considérés sous ce point de vue une différence capitale ; les machines ne pouvant être modifiées à volonté, doivent être établies dès le principe de manière à utiliser tout le volume d'eau disponible, et par conséquent en vue d'une circulation éventuelle qui peut ne se réaliser que dans un long avenir.

Au contraire, les aménagements supérieurs peuvent être faits par périodes annuelles, et suivre pour ainsi dire pas à pas les progrès de la navigation.

Lorsque les travaux ont été exécutés, si la circulation nouvelle utilise les volumes aménagés, leur descente économise le travail que les machines auraient dû faire pour produire le même résultat; si au contraire l'augmentation d'activité prévue ne se réalise pas, la descente des eaux aménagées sert toujours à diminuer le travail de chacune des machines dans la proportion de leur volume.

On obtiendra donc, dans tous les cas, une économie comparative égale à la dépense nécessaire pour relever du point le plus bas au bief de partage tout le volume aménagé.

23. Nous supposerons que l'on ait établi deux machines inférieures aux écluses n° 5 et n° 6, pour opérer le relèvement artificiel de l'Helpe majeure; soient :

C les dépenses annuelles pour intérêt, amortissement des capitaux et dépréciation des machines;

F la dépense journalière par machine pour chauffe et salaire;

a la dépense de combustible et d'entretien par mille mètres cubes d'eau élevés à un mètre de hauteur.

Le nombre d'années, au bout duquel on espère voir se réaliser un nombre nouveau de passages n',

$n = \varphi(t)$ la loi du développement de la circulation pendant la période t'; pour $t = 0 \varphi(t) = 0$, et pour $t = t'$, on a $\varphi(t') = n'$;

j le nombre moyen de jours de travail annuel des deux nouvelles machines;

h_5, h_6 la chute des écluses 5 et 6;

H la hauteur du relèvement total;

a' la dépense annuelle pour mille mètres cubes d'eau aménagés.

Le nombre d'unités dynamiques à produire pour réaliser n', nouveaux passages, sera, par jour :

$$m\Omega n' H_1 \left(h' + \frac{h^2_1 + h^2_2 + h^2_3 + h^2_4 + h^2_5 + h^2_6}{H_1}\right),$$

ou en posant :

$$m\Omega \left(h' + \frac{h^2_1 + h^2_2 \ldots\ldots + h^2_6}{H_1}\right) = 1\,000B.$$

1000 $BH_1 n'$, et la dépense correspondante serait $BH_1 an'$.

Les dépenses totales de la première année seront donc :

$$C + 2FJ + aBH_1 J\varphi(1);$$

pour la seconde année :

$$C + 2FJ + aBH_1 J\varphi(2),$$

. . . . . .

et à l'expiration du temps t' :

$$C + 2FJ + aBH_1 J\varphi(t').$$

Si l'on désigne par α le taux de l'intérêt de l'argent, on voit que l'ensemble des dépenses rapportées à l'expiration du temps t' sera :

$$[C + 2FJ]\,[(1+\alpha)^{t'-1} + (1+\alpha)^{t'-2} \ldots\ldots + 1] +$$
$$+ \alpha BH_1 J[\varphi(1)(1+\alpha)^{t'-1} + \varphi(2)(1+\alpha)^{t'-2} \ldots\ldots + \varphi(t')] =$$
$$= (C + 2FJ)\frac{(1+\alpha)^{t'} - 1}{\alpha} +$$
$$+ aBHJ[\varphi(1)(1+\alpha)^{t'-1} + \varphi(2)(1+\alpha)^{t'-2} \ldots\ldots + \varphi(t')].$$

Quelle que soit la fonction φ, on peut, en prenant pour A une valeur comprise entre $\varphi(1)$ et $\varphi(t')$, écrire :

$$\varphi(1)(1+\alpha)^{t'-1} + \varphi(2)(1+\alpha)^{t'-2} \ldots\ldots + \varphi(t') = \frac{(1+\alpha)^{t'} - 1}{\alpha} A,$$

d'où il suit que l'ensemble des dépenses causées par le relèvement artificiel sera :

$$\frac{(1+\alpha)^{t'-1}}{\alpha}[C+2FJ+aBJH_1A].$$

Il équivaut par conséquent à une dépense annuelle :

$$C+2FJ+aBJH_1A.$$

La construction de deux machines simples exigerait une dépense de 80 000 fr. ; dont en machines et mécanismes, 40 000 fr.

On aura donc pour intérêt à 5 pour 100 sur un capital de 80 000 fr.	4 000 fr.
Amortissement de 1 pour 100.	800
Dépréciation des mécanismes, 6 pour 100 sur 40 000 fr. .	2 400
D'où C = ...	7 200 fr.

La valeur de F a été trouvée ci-dessus (art. 12), 9.17. Dans le même article on a également déterminé $a = 1.00$.

$$h_5 = 1.35 \text{ et } h_6 = 1.62, \text{ d'où } B = 0.609, \; H_1 = 9.79.$$

On aura donc :

$$C+2FJ+BH_1JaA = 7200 + J(18.34 + 5.962A).$$

Dans les années semblables à 1842, la valeur de J serait de 122 jours. Au contraire en 1841 et 1843, cette valeur eût été nulle ; on peut en moyenne supposer $J = 60$. Il est évident que dans les années pluvieuses, dès que le produit de l'Helpe mineure aura seulement atteint le double de son volume d'étiage, les machines inférieures ne devront pas fonctionner. La valeur $J = 60$ peut donc être considérée comme un maximum. On en déduira pour celle de l'annuité correspondante :

$$8\,300.40 + 357.72A.$$

24. Examinons maintenant quelles seraient les dépenses qu'exigerait l'aménagement annuel de réserves

suffisantes pour obtenir un nombre n' de nouveaux passages dans le temps t', soit par année $\frac{n'}{t'}$.

Le volume à mettre en réserve chaque année sera :

$$m\Omega(h'+h_5)\frac{n'}{t'}\mathrm{J}.$$

Posant $1\,000\mathrm{B}' = \Omega(h'+h_5)$ et désignant par a' la dépense annuelle correspondante à mille mètres cubes d'eau aménagés, on aura donc, pour la dépense de la première année :

$$\mathrm{B}'\mathrm{J}a'\frac{n'}{t'}.$$

Mais dans cette année, le nombre des passages réalisés est seulement $\varphi(1)$; donc, le volume $\mathrm{B}'\mathrm{J}\left[\frac{n'}{t'}-\varphi(1)\right]$ aura pu être employé à réduire le service des machines, et aura procuré une économie représentée par :

$$\mathrm{B}'\mathrm{J}\left[\frac{n'}{t'}-\varphi(1)\right]a\mathrm{H}_1.$$

La dépense de cette année sera donc :

$$\mathrm{B}'\mathrm{J}\frac{n'}{t'}[a'-a\mathrm{H}_1]+\mathrm{B}'\mathrm{J}\varphi(1)\,a\mathrm{H}_1.$$

On trouvera de même pour la dépense de la seconde année :

$$\mathrm{B}'\mathrm{J}\frac{2n'}{t'}[a'-a\mathrm{H}_1]+\mathrm{B}'\mathrm{J}\varphi(2)\,a\mathrm{H}_1.$$

. . . . . .

et pour la dépense de la $t^{\text{ième}}$ année :

$$\mathrm{B}'\mathrm{J}n'(a'-a\mathrm{H}_1)+\mathrm{B}'\mathrm{J}\varphi(t')a\mathrm{H}_1.$$

D'où il suit que l'ensemble des dépenses rapportées à

l'expiration du temps t' sera, en tenant compte des intérêts :

$$B'J\left[(a'-aH_1)\frac{n'}{t'}[(1+\alpha)^{t'-1}+2(1+\alpha)^{t'-2}+\ldots\ldots t']+\right.$$
$$\left.aH_1[\varphi(1)(1+\alpha)^{t'-1}+\varphi(2)(1+\alpha)^{t'-2}\ldots\ldots+\varphi(t')]\right],$$

expression dont la somme se réduit à :

$$B'J\left\{(a'-aH_1)\frac{n'}{t'}\left[\frac{1+\alpha}{\alpha}\cdot\frac{(1+\alpha)^{t'}-1}{\alpha}-\frac{t'}{\alpha}\right]+aH_1\frac{(1+\alpha)^{t'}-1}{\alpha}A\right\},$$

et correspond à une annuité de :

$$B'J\left\{(a'-aH_1)\frac{n'}{t'}\left[\frac{1+\alpha}{\alpha}-\frac{t}{(1+\alpha)^{t'}-1}\right]+aH_1A\right\}.$$

La valeur de la dépense annuelle est ici fonction de t', et varie avec cette quantité en raison des accroissements du terme :

$$n'\frac{1}{t'}\left[\frac{1+\alpha}{\alpha}-\frac{t'}{(1+\alpha)^{t'}-2}\right]=\left(\frac{1+\alpha}{\alpha t'}-\frac{1}{(1+\alpha)^{t'}-1}\right)n'.$$

Si l'on prend pour première limite $n=12$, ce qui porterait le nombre des passages à 26 (au delà de ce nombre, l'emploi total de la force des machines deviendrait souvent nécessaire et la reconstitution des réserves impossible), on aura pour diverses valeurs de t' les nombres consignés dans le tableau suivant pour terme variable :

t'	VALEUR DE $\left(\frac{1+\alpha}{\alpha t'}-\frac{1}{(1+\alpha)^{t'}-1}\right)$.
1	1.00
2	0.75
3	0.66
4	0.61
6	0.56
12	0.50

La valeur de a' dépend du nombre de remplissages sur lesquels on peut compter. En désignant ce nombre par μ, elle est généralement exprimée par la quantité $\frac{16}{\mu}$.

Dans les années semblables à 1842, un seul remplissage est possible ; mais les résultats obtenus en 1841 et 1843 prouvent que les volumes disponibles pour de nouveaux remplissages se sont élevés, dans la première de ces années, à. 3 882 332
et pour la seconde, à. 2 719 744
D'où il suit que l'hypothèse de plusieurs remplissages d'été, inadmissible pour une appréciation minimum, devrait nécessairement entrer en ligne de compte dans une évaluation moyenne applicable à un certain nombre d'années, et l'on voit que cette éventualité peut se réaliser même pour des réservoirs d'une capacité de 2 000 000 mètres cubes.

Néanmoins, nous prendrons pour a' la valeur maximum 16 fr. qui correspond à un seul remplissage, celui du printemps ; la valeur de $B' = \frac{m\Omega}{1000}(h' + h_5) = 0.550$.

La dépense annuelle correspondante à l'extension des aménagements naturels, sera donc :

$$2\,459.16\left(\frac{1+\alpha}{\alpha t'} - \frac{1}{(1+\alpha)^{t'} - 1}\right) + 323.07A.$$

Un accroissement de douze passages par jour correspond à 3 000 bateaux par an et à un tonnage de 300 000 tonneaux : sur un canal dont la navigation est déjà réglée, il est difficile d'admettre que les accroissements de tonnage puissent dépasser par année 50 000 tonneaux ; d'où :

$$t' = 6 \text{ et } \frac{1+\alpha}{\alpha t'} - \frac{1}{(1+\alpha)t' - 1} = 0.56.$$

L'expression ci-dessus deviendra donc :

$$1\,377.13 + 323.07\,A.$$

25. Quelle que soit la valeur de A, cette dépense sera toujours inférieure à celle qu'entraînerait l'établissement des machines : la différence sera de :

$$6\,923.27 + 34.65\,A.$$

Si l'on voulait déterminer quelle limite devrait atteindre la valeur de a' pour rendre les deux systèmes équivalents, on aurait, en désignant, pour plus de simplicité, par D le coefficient variable :

$$\frac{1+\alpha}{\alpha t'} - \frac{1}{(1+\alpha)^{t'}-1},$$

l'équation de condition :

$$\frac{C}{J} + 2F + BAH_1 a = B'(a' - aH_1)n'D + B'AH_1 a,$$

d'où :

$$a' = \frac{\frac{C}{J} + 2F + AH_1 a(B - B') + B'aH_1 n'D}{B'n'D} =$$

$$= aH_1 + \frac{\frac{C}{J} + F + AH_1 a(B - B')}{B'n'D},$$

expression générale qui devient pour :

$$n' = 12,\ t' = 6,\ H_1 = 9.79,\ B = 0.609,\ B' = 0.550,$$

$$a' = 9.79a + \frac{138.34 + 0.58aA}{3.70} = 37.39 + 9.79a + 0.130aA,$$

et pour $a = 1.00$,

$$a' = 47.18 + 0.130\,A.$$

26. Si l'on supposait $n' > 12$, afin d'obtenir un nombre moyen de passages supérieur à 26, la reconstitution des

réserves deviendrait impossible, et il faudrait ajouter aux frais d'établissement ceux de deux machines auxiliaires destinées à suppléer à celles qui viendraient à s'arrêter. Si, dans cette hypothèse, on prend pour limite maximum $n' = 38$, ce qui répond à peu près à l'emploi total du temps disponible pour le passage des écluses, on aura au minimum $t = 19$.

$$D = 0.45.$$

La valeur de C sera alors de 13 200 fr.

Les dépenses annuelles pour relèvement artificiel deviendront :

$$13\,300.40 + 357.72\,A,$$

et celles pour aménagements supérieurs :

$$6\,228.36 + 323.07\,A,$$

et la différence sera :

$$7\,072.04 + 34.65\,A.$$

La condition d'équivalence deviendra :

$$a' = 9.79a + \frac{238.34 + 058aA}{9.40} = 9.79a + 25.35 +$$
$$+ 0.05Aa = 35.14 + 0.05A.$$

Il résulte de cette analyse que le relèvement artificiel, descendu jusqu'à l'Helpe majeure, sera toujours beaucoup plus coûteux que l'aménagement des cours d'eau supérieurs. Celui-ci devra donc être préféré pour l'accroissement ultérieur des ressources alimentaires.

27. Les calculs ci-dessus fournissent un moyen facile d'établir à priori la comparaison entre les deux systèmes d'alimentation, et de calculer le prix de revient de leurs dépenses respectives.

Pour le faire complétement, il faut observer que les dépenses annuelles ci-dessus calculées ne comprennent que les dépenses relatives au passage des bateaux.

Il faut donc tenir compte des volumes nécessaires pour

maintenir les biefs au niveau de navigation, et assurer la circulation des bateaux qui déchargent dans les biefs inférieurs au bief de partage : il faut aussi observer qu'à l'origine, et tant que la circulation n'aura pas dépassé le chiffre moyen de quatorze bateaux par jour, le relèvement artificiel pourra s'arrêter à l'Helpe mineure, et n'exigera que quatre machines; enfin, l'on doit prendre en considération une cause de perte inhérente à l'emploi de ce système, la soustraction aux usines inférieures du volume relevé par les machines; soit que cette privation, qui aura lieu dans les sécheresses et sera par conséquent très-sensible, puisse donner lieu à des répétitions d'indemnité fondées, soit qu'au contraire elle doive, en raison de la position particulière des usines, être supportée par elles sans compensation, il n'en résulte pas moins une perte réelle, dont il est nécessaire de tenir compte; soient π_1, π_2, π_3, π_4 les volumes des déficits quotidiens de chaque bief.

$$b(\mathrm{T}+m\Omega h_2),\ c(\mathrm{T}+m\Omega h_3),\ d(\mathrm{T}+m\Omega h_4),$$

ceux qu'exige l'entretien de la navigation intermédiaire.

On aura pour le volume moyen à élever à la hauteur totale H :

$$\mathrm{V}=\pi_1+\pi_2\left(1-\frac{h_1}{\mathrm{H}}\right)+\pi_3\left(1-\frac{h_1+h_2}{\mathrm{H}}\right)+\pi_4\left(1-\frac{h_1+h_2+h_3}{\mathrm{H}}\right)+$$
$$+\mathrm{T}\frac{bh_2+ch_3+dh_4}{\mathrm{H}}+m\Omega\frac{bh^2_2+ch^2_3+dh^2_4}{\mathrm{H}};$$

La dépense annuelle correspondante sera :

$$\mathrm{VHJ}a.$$

Le volume total élevé par les machines sera :

$$1000\,\mathrm{J}(\mathrm{V}+\mathrm{AB}).$$

D'où (en désignant par y la perte éprouvée par les usines pour 1 000 mètres cubes d'eau tombant de 1 mètre de

hauteur, et par z la chute totale des usines depuis l'origine du relèvement artificiel jusqu'au point où la perte de volume devient insensible), pour l'expression de la perte annuelle :

$$J(V+AB)yz.$$

L'ensemble des dépenses annuelles correspondantes au relèvement artificiel sera donc :

$$C+4FJ+J(V+AB)(aH+yz).$$

Pour déterminer les dépenses correspondantes aux aménagements supérieurs, il faut observer que le volume à réserver pour remplacer les déficits sera égal à la somme des quantités π_1, π_2, π_3, π_4 augmentée de la plus grande des quantités :

$$b(T+m\Omega h_2),\quad c(T+m\Omega h_3),\quad d(T+m\Omega h_4).$$

Dans le cas particulier du canal de jonction, on a :

$$d(T+m\Omega h_4) > c(T+m\Omega h_3) > b(Tm\Omega h_2),$$

donc, en désignant le volume total à réserver pour le maintien des biefs à niveau par V', on aura :

$$V'=\pi_1+\pi_2+\pi_3+\pi_4+d(T+m\Omega h_4).$$

Quant aux dépenses de navigation, elles seront proportionnelles à $m\Omega(h'+h_1)$; car dans l'hypothèse de l'emploi exclusif des aménagements supérieurs, c'est aux sassées du bief de partage qu'il convient de pourvoir.

Néanmoins, on doit remarquer que la chute h_1 étant plus grande que h_4, le mouvement de la navigation fera descendre dans les biefs inférieurs un volume proportionnel à $m\Omega(h_1-h_4)$, applicable au maintien de ces biefs. Si donc on désigne par n le nombre de passages à réaliser dans le principe, on en déduit que le volume à réserver sera réduit à :

$$V'-m\Omega n(h_1-h_4).$$

Cela posé, si les aménagements nécessaires au passage

des bateaux suivent les progrès de la navigation, la dépense correspondante sera :

Pour la première année. . $m\Omega J\varphi(1)(h'+h_1)$
Pour la seconde. . . . . $m\Omega J\varphi(2)(h'+h_1)$
Et pour l'année t'. . . . . $m\Omega Jn'(h'+h_1)$.

L'ensemble des dépenses rapportées à l'expiration du temps t' sera donc :

$$m\Omega(h'+h_1)Ja'[(1+\alpha)^{t'-1}\varphi(1)+(1+\alpha)^{t'-2}\varphi(2)\ldots\ldots+1]=$$
$$=m\Omega(h'+h_1)J\frac{(1+\alpha)^{t'}-1}{\alpha}A,$$

et correspondra à une dépense annuelle ·

$$m\Omega(h'+h_1)JAa';$$

si donc on pose :

$$m\Omega(h'+h_1)=1000B'' \quad \text{et} \quad V'-m\Omega n(h_1-h_4)=V''$$

l'ensemble des dépenses annuelles sera :

$$Ja'(V''+B''A).$$

Soit a'' la dépense annuelle correspondante à mille mètres cubes d'eau aménagés, et μ le nombre des remplissages utiles en une année, on aura :

$$\frac{a''}{\mu}=a',$$

donc enfin, l'équation d'équivalence sera :

$$\frac{Ja''}{\mu}(V''+B''A)=C+4FJ+(V+AB)(aH+yz),$$

d'où :

$$a''=\mu\left\{\frac{\frac{C}{J}+4F}{V''+B''A}+\frac{V+AB}{V''+AB''}(aH+yz)\right\}.$$

Les données numériques constantes d'une année à l'autre sur le canal de jonction sont :

$B=0.605, B''=0.684, C=13380, F=9.17, a=1$ fr., $H=6.82$,

d'où :

$$a'' = \mu \left\{ \frac{\frac{13\,380}{J} + 36.68}{V'' + 0.684A} + \frac{V + 0.605A}{V'' + 0.684A} (682 + yz) \right\},$$

équation qui exprime les conditions d'équivalence.

28. Avant la création des premières réserves, le nombre des remplissages utiles, soit pour l'alimentation du canal, soit pour la conservation des ouvrages, pouvait être évalué à huit, savoir : deux remplissages en été et six remplissages en hiver. On avait donc $\mu = 8$.

La valeur de A est, ainsi qu'on l'a vu, une moyenne entre le nombre des passages réalisés à l'origine et à l'expiration du temps t'. Si l'on pose $n' = 14$, et si l'on remarque qu'en 1840, la valeur de n était seulement de trois passages, on verra que la valeur moyenne de A peut être prise égale à 10 ; on aura donc :

$$a'' = 8 \left\{ \frac{\frac{13\,380}{J} + 36.68}{V'' + 6.84} + \frac{V + 6.05}{V'' + 6.84} (6.82 + yz) \right\}.$$

Les quantités VV'' sont, ainsi que les déficits journaliers π_1, π_2, π_3, π_4 dont elles dépendent, variables d'une année à l'autre ; la valeur de J est elle-même variable; dans certaines années, les cours d'eau naturels peuvent suffire seuls ; dans d'autres, au contraire, les machines doivent travailler 122 jours. Nous adopterons, pour moyenne applicable à un système de relèvement purement artificiel, $J = 80$, et nous examinerons successivement trois hypothèses distinctes, dont la possibilité est constatée par les observations acquises.

Premier cas. — Les cours d'eau naturels suffisent à la réparation des pertes, et les volumes VV'' sont nuls.

En 1841 et 1843, le produit des cours d'eau a dépassé la limite correspondante à cette hypothèse ; ainsi elle se

réalisera même pour des années moins favorables, et on aura alors :

$$a''=8[29.81+0.884(6.82+yz)]=286.70+7.072yz=$$
$$=8(35.84+0.884yz).$$

Deuxième cas. — Les valeurs de π_1, π_2, π_3, π_4 sont seulement égales aux pertes par évaporation et imbibition ; ce qui suppose que les filtrations ne dépassent pas le produit des affluents naturels, et correspond à une année d'excessive sécheresse. On a alors :

$$\pi_1=2940,\quad \pi_2=2625,\quad \pi_3=2310,\quad \pi_4=1260,$$

d'où :

$$V=6.285, V''=8.197,$$

et :

$$a''=8[13.47+0.819(6.82+yz)]=152.44+6.55yz=$$
$$=8(19.05+0.82yz).$$

Troisième cas. — Les valeurs de π_1, π_2, π_3, π_4 sont égales à celles constatées en 1842 ; ce qui résulte à la fois et d'une excessive sécheresse et de l'existence de nombreuses filtrations dans les biefs à alimenter ; alors on a :

$$V=7.846 \quad \text{et} \quad V''=16.79,$$

d'où :

$$a''=8[7.08+0.58(6.82+yz)]=88.28+4.64yz=$$
$$=8(11.03+0.58yz).$$

L'expérience a prouvé que les valeurs de a'' varient de 7 francs à 25 francs, suivant les localités et les dispositions adoptées ; d'où il suit qu'en admettant huit remplissages, l'alimentation par réservoirs était plus économique à l'origine ; elle eût encore conservé l'avantage, même en réduisant à deux le nombre des remplissages supposés utiles, puisque la plus petite valeur de a'' se fût encore élevée à :

$$22^{\text{fr.}}.06+1.16yz.$$

On voit aussi que l'existence de filtrations abondantes est éminemment favorable à l'emploi du système de relèvement artificiel, puisque la valeur de a'' se réduit, du deuxième au troisième cas, de :

$$8(19.05 + 0.82yz) \quad \text{à} \quad 8(11.03 + 0.58yz).$$

L'on voit enfin que, quel que soit le nombre des remplissages, l'alimentation par réserves est toujours plus économique, lorsqu'il n'y a lieu de pourvoir qu'au volume des sassées, et que V et V'' sont nuls ; on a alors en effet :

$$a'' = \mu(35.84 + 0.884yz).$$

29. Enfin, si l'on veut se placer au point de vue qui a déterminé l'administration du canal de jonction à adopter en 1841 l'achèvement du système de relèvement artificiel, il faut observer qu'en raison de l'exécution préalable des premières réserves, le second remplissage d'été devenait moins probable à l'égard des aménagements nouveaux. En même temps, l'utilité des remplissages d'hiver était notablement réduite.

On avait donc alors pour μ une valeur peu différente de l'unité. De plus, la machine de Labbaye étant construite, il était inutile de se préoccuper des frais annuels correspondants à cette machine. Les valeurs de a'', applicables aux trois cas précédents, se réduisaient alors à :

$$a'' = 24.89 + 0.884yz$$
$$a'' = 14.06 + 0.82yz$$
$$a'' = 7.85 + 0.58yz$$

soit en moyenne. . $a'' = 15.63 + 0.76yz$.

Les usines d'aval étant établies sur une rivière navigable depuis un temps immémorial, la valeur de y était nulle pour le canal de jonction. On avait donc :

$$a'' = 15.63,$$

valeur très-peu différente de la moyenne entre les valeurs maxima et minima données ci-dessus :

$$a'' = 25 \quad \text{et} \quad a'' = 7 \quad \text{moyenne} \quad 16 \text{ fr.}$$

Le complément des machines fournissant d'ailleurs des résultats plus prompts avec une économie de dépenses capitales, et présentant en dernière analyse des résultats à peu près équivalents sous le rapport économique, a dû être et a été en effet justement préféré.

30. Nous avons pris ci-dessus, pour la valeur de C, celle qui a été trouvée (article 15); mais elle ne suffirait pas pour un système de relèvement purement artificiel. On ne pourrait en effet alors se contenter de machines simples, et il serait indispensable d'établir à chaque écluse une double machine, ou au moins d'ajouter au matériel une machine auxiliaire facile à transporter d'un bief à l'autre.

Dans ce dernier système le plus économique, la valeur de C sera augmentée de 3 000 fr. pour intérêt, amortissement et dépréciation de la machine mobile évaluée en capital à 25 000 fr.

On en déduira pour les valeurs de a'' :

1° Dans le cas de l'article 28 :

$$a'' = 330^{\text{fr.}}.64 + 7.072yz = 8(41.33 + 0.884yz) :$$
$$a'' = 172^{\text{fr.}}.40 + 6.55yz = 8(21.55 + 0.819yz) :$$
$$a'' = 100^{\text{fr.}}.96 + 4.64yz = 8(12.62 + 0.580yz) ;$$

2° Et dans celui de l'article 29 :

$$a'' = 30^{\text{fr.}}.37 + 0.884yz :$$
$$a'' = 16^{\text{fr.}}.56 + 0.819yz :$$
$$a'' = 9^{\text{fr.}}.44 + 0.580yz.$$

Il faudrait aussi avoir égard aux irrégularités du produit de l'Helpe mineure. Les variations causées par l'in-

termittence du travail des usines supérieures réduisent les valeurs minima de ce produit à 2 000 mètres cubes seulement en 24 heures. Ce fait résulte des jaugeages que nous avons faits pendant l'année 1826 sur ce cours d'eau ; or, on ne peut compter tirer parti de la moyenne du produit d'étiage qu'en réalisant une réserve suffisante pour contenir les excédants de volume que présente chaque période de travail continu des usines supérieures, afin de compenser les déficits qui résultent de leur chômage.

Cette réserve ne peut être faite dans aucun bief supérieur à la dernière machine, sans rendre le travail de toutes les machines intermédiaires solidaire des variations du produit de l'Helpe mineure, et sans augmenter le volume des filtrations dans le bief surélevé. Il vaut donc mieux choisir pour réservoir le bief inférieur : on pourra utiliser dans ce but la surface de ce bief et celle de l'Helpe mineure en amont de son confluent. Le mouillage de la Sambre ayant été réglé à 2 mètres, et l'immersion des bateaux étant seulement de $1^{m}.50$, il sera possible de s'y ménager, sans arrêter la navigation, un jeu de $0^{m}.40$ en contre-bas du niveau réglementaire. Les variations de ce bief entre ces limites permettront d'aménager les excédants fournis par l'Helpe mineure, tout en conservant aux machines un travail régulier : elles auront en outre l'avantage spécial de diminuer la chute de la dernière écluse et d'augmenter, comme on le verra ci-dessous, les ressources alimentaires de l'ensemble du système.

A défaut de documents précis sur les dépenses nécessaires pour mettre et entretenir ce bief de la Sambre canalisée dans cet état normal, nous nous bornerons à mentionner cette condition, qui doit être remplie pour utiliser le volume moyen d'étiage de l'Helpe mineure.

31. Les données de fait, recueillies ci-dessus, permettent d'exprimer avec une grande simplicité la valeur de la hauteur totale H_1, du relèvement artificiel : soit en

effet m' le nombre des machines employées, on aura, pour la relation d'équivalence :

$$\frac{a''}{\mu}(V''+B''A)=\frac{C}{J}+m'F+(V+BA)(aH_1+yz),$$

Or, pour $H_1=6.82$, on a $C=16\,370$ et $m'=4$; donc, dans des circonstances analogues, on pourra poser :

$$C=\frac{16\,370}{6.82}H_1=2\,400H_1,\quad m'=\frac{4.00}{6.82}H_1=0.58H_1,$$

d'où l'on déduira :

$$H_1=\frac{\frac{a''}{\mu}(V''+AB'')-yz(V+AB)}{\frac{2400}{J}+0.58F+a(V+AB)}.$$

Les valeurs numériques applicables au canal de jonction et constantes d'une année à l'autre sont :

$B''=0.684$, $B=0.605$, $F=9.17$, $a=1.00$, $a''=16.00$;

de plus, on a moyennement $J=80$, donc :

$$H_1=\frac{\frac{16}{\mu}(V''+0.684A)-yz(V+0.605A)}{35.42+V+0.605A},$$

expression qui, pour $A=10$ (hypothèse admise précédemment pour la loi du développement de la circulation entre $n'=3$ et $n'=14$), devient :

$$H=\frac{\frac{16}{\mu}(V''+6.84)-yz(V+6.05)}{35.42+V+6.05}.$$

Lorsque les biefs sont maintenus au niveau de navigation par les affluents naturels, le relèvement artificiel doit fournir seulement les volumes des sassées, et l'on a :

$$V=0\quad V''=0;$$

d'où :

$$H_1 = \frac{2.60}{\mu} - 0.15yz.$$

Lorsqu'au contraire, on doit élever, indépendamment du volume des sassées, celui des pertes par évaporation et imbibition, on a pour V et V″ les valeurs trouvées ci-dessus :

$$V = 6.285 \quad V'' = 8.197;$$

d'où :

$$H_1 = \frac{5.05}{\mu} - 0.25yz.$$

Enfin, si l'on doit en outre, relever, comme en 1842, des eaux de filtrations abondantes, on a :

$$V = 7.846 \quad V'' = 16.79,$$

et

$$H_1 = \frac{7.68}{\mu} - 0.28yz.$$

D'où il suit que l'emploi des machines, pour le seul relèvement des sassées, ne peut s'étendre avec économie au delà de la hauteur $\frac{260}{\mu} - 0.15yz$, dont la limite maximum (correspondant à $\mu = 1$ et $y = 0$), est $2^m.60$. Cette hauteur devient plus considérable, lorsque les machines doivent relever en outre les volumes nécessaires au maintien des biefs à niveau : elle atteint alors la valeur $\frac{5.05}{\mu} - 0.25yz$, dont le maximum est 5.50. Enfin, elle s'accroît encore lorsqu'il existe à relever des filtrations importantes. Elle s'est élevée, en 1842, à $\frac{7.68}{\mu} - 0.28yz$, dont le maximum est $7^m.68$.

Ces valeurs décroissent rapidement lorsque le nombre des remplissages annuels dépasse l'unité.

Pour apprécier l'influence du terme soustractif yz, nous remarquerons que la mouture d'un hectolitre de blé exige une quantité d'action représentée par $416\,700^{k} \times^{m}$, laquelle correspond, en tenant compte des pertes de force motrice dues à l'emploi des roues hydrauliques, à la chute de 1 000 mètres cubes tombant de 1 mètre de hauteur.

Or, le prix de la mouture d'un hectolitre de blé est généralement de $0^{fr}.60$, on peut donc poser $y = 0.60$; la valeur de z est très-variable et dépend essentiellement de l'inclinaison du versant sur lequel a lieu le relèvement : si l'on admet en moyenne $z = 10$ mètres, on voit que la valeur de yz sera de 6 mètres et la valeur de H_s se réduira, en considération de ces pertes, d'une quantité variable entre les limites $0^{m}.90$ et $1^{m}.74$, suivant les volumes à relever.

32. La réduction des dépenses de navigation constitue aussi un moyen d'obtenir un plus grand nombre de passages quotidiens : l'expression générale de ces dépenses est aujourd'hui par passage $m\omega(h' + h_s)$.

Ces quantités h' et h_s sont les seules qui puissent être modifiées par de nouvelles dispositions. ω est en effet constant, et le coefficient m, relatif aux croisements, dépend essentiellement de la répartition des bateaux marchant en sens divers.

On peut, en abaissant le niveau d'étiage du bief de partage, diminuer la valeur h'; mais il n'en résulterait pas d'accroissement réel dans le nombre des passages possibles, parce que les cinq écluses suivantes du versant de l'Oise ayant des chutes égales à celle de la première, et ne recevant en étiage aucun affluent distinct, exigeraient une fourniture spéciale précisément égale à l'économie qui serait alors réalisée.

L'abaissement du bief de partage, utile sous d'autres rapports, ne peut donc servir à diminuer aujourd'hui les dépenses de navigation.

C'est donc sur la valeur de h_5 que doivent porter les seules réductions possibles : déjà la conversion indiquée (art. 30) du bief n° 5 en réservoir, fonctionnant à $0^m.40$ en contre-bas du niveau réglementaire, réduira la valeur actuelle de $h_5 = 1^m.35$, de $0^m.20$ et donnera pour la chute moyenne $1^m.15$; on pourra la diminuer encore par l'emploi d'un réservoir latéral à l'écluse n° 5.

Soit O la surface du réservoir, h la chute moyenne, z la hauteur initiale de l'eau dans le réservoir, le sas supposé vide : en établissant la communication du réservoir au sas et nommant Δz la diminution de hauteur du réservoir après l'établissement du niveau, on aura :

$$O\Delta z = \omega(z - \Delta z)\Delta z = \omega \frac{z}{O+\omega}.$$

Si maintenant l'on achève de remplir le sas avec le bief d'amont, et qu'après son remplissage, on le mette en communication avec le réservoir, celui-ci montera d'une quantité $\Delta z'$, telle que :

$$O\Delta z' = \omega(h - z + \Delta z - \Delta z')\Delta z' = \omega\left[\frac{h-z}{O+\omega} + \frac{\omega z}{(O+\omega)^2}\right],$$

d'où :

$$\Delta z' - \Delta z = \frac{\omega(2O+\omega)}{(O+\omega)^2}\left[\frac{h(O+\omega)}{2O+\omega} - z\right].$$

Lorsque z sera $< \frac{h(O+\omega)}{2O+\omega}$ la variation $\Delta z' - \Delta z$ sera positive et plus petite que $\frac{h(O+\omega)}{2O+\omega} - z$: si au contraire on a $z > \frac{h(O+\omega)}{2O+\omega}$ la variation sera négative et toujours plus petite que $\frac{h(O+\omega)}{2O+\omega} - z$. D'où il suit que z convergera toujours vers la valeur limite $z = h\frac{O+\omega}{2O+\omega}$; l'économie

obtenue sera $O\Delta z = \omega h \frac{O}{\omega + 2O}$, sa valeur maximum correspond à $O = \infty$ et est égale à $\frac{1}{2}\omega h$: pour $O = 2.\omega$ il vient $O\Delta z = 0.40\omega h$, d'où il suit que la sassée de l'écluse n° 5 sera réduite à :

$$m\omega \times 0.60h = 0.69m\omega,$$

d'où :

$$m\omega(h' + h_5) = m\omega(1.94 + 0.69) \text{ et } B' = 0.440,$$

au lieu de 0.550 valeur trouvée ci-dessus (art. 24). Le nombre des passages possibles croîtra donc dans le rapport de 440 à 550, soit de 1.00 à 1.25. L'accroissement obtenu sur le nombre total de quatorze passages sera donc de trois et demi.

Pour obtenir la même augmentation par l'extension des réserves, il faudrait dépenser une somme annuelle exprimée par :

$$B'J[a'n' + DaH_1(A - n'D)] = 0.44J\left[\frac{16}{\mu}n'D + 6.82(A - nD)\right].$$

Lorsque la navigation aura déjà atteint 14 passages quotidiens, on peut, sans erreur sensible, admettre que la loi du développement de la circulation sera uniforme, d'où $A = n'D$, et que le temps nécessaire pour réaliser trois passages et demi sera de quatre années, on aura donc $D = 0.61$, et pour la dépense ci-dessus : $\frac{1374.21}{\mu}$.

La dépense de la construction d'un réservoir latéral ne devant pas excéder 4 000 fr., correspond à une annuité de 200 fr.; donc ce travail devra être préféré à l'extension des aménagements supérieurs, qui dans l'hypothèse de deux remplissages annuels coûterait encore $687^{fr}.10$ soit environ le triple.

33. Dans notre opinion, les ressources actuelles peuvent assurer, même dans les années les plus sèches, une circulation maximum de vingt-six bateaux par jour; mais

en raison des interruptions probables du service des machines et des variations du mouvement de la navigation d'un jour à l'autre, il conviendra de s'occuper de l'extension des ressources alimentaires, dès que la circulation moyenne aura atteint le chiffre de quatorze bateaux par jour.

La première mesure à prendre alors sera l'établissement d'un réservoir latéral à l'écluse n° 5, pour diminuer les dépenses de la navigation inférieure, et il en résultera un accroissement de trois passages et demi par jour.

Le développement ultérieur des ressources alimentaires devra être opéré par l'extension des réserves supérieures, dont le volume peut augmenter toujours en proportion des besoins de la circulation ; on sait en effet que la masse d'eau disponible annuellement au bief de partage, s'élève en moyenne à 19 000 000 mètres cubes, et peut être considérée comme indéfinie relativement au mouvement commercial possible sur le canal.

Les ressources de l'Helpe mineure sont au contraire limitées par le produit d'étiage de ce cours d'eau, si l'on se reporte aux calculs du n° 20. On voit en effet que la valeur moyenne du volume applicable à la réparation des pertes d'évaporation et d'imbibition et à la navigation :

		m.c.
S'élève dans les sécheresses à.		21 841
Déduisant pour évaporation et imbition.	11 256 m.c.	
pour navigation inférieure.	1 071	
En totalité.	12 327	12 327
Il reste pour les sassées.		9 514

quantité qui correspond à dix-sept passages par jour.

Une telle circulation, assez importante si elle se réalisait pendant toute l'année, reste cependant inférieure à celle que l'on observe sur plusieurs canaux fréquentés du département du Nord ; on peut donc prévoir le moment où ces ressources seules seraient insuffisantes, et où il de-

viendrait nécessaire de recourir aux aménagements supérieurs ou à la remonte de nouveaux affluents.

34. Nous avons vu que l'extension des réserves est toujours plus économique tant que l'on peut compter sur plusieurs remplissages annuels.

En effet, pour deux remplissages seulement, les limites de H_1 déterminées (article 31) se réduisent, pour les cas divers examinés dans cet article, aux trois valeurs :

$$1.30 - 0.15yz\,; \qquad 2.52 - 0.25yz\,; \qquad 3.84 - 0.28yz\,;$$

toutes inférieures à $6^m.82$, expression de la hauteur minimum du relèvement. Nous avons également établi que, même dans l'hypothèse d'un seul remplissage, l'extension des aménagements supérieurs coûtera moins que l'établissement de deux nouvelles machines nécessaires pour atteindre l'Helpe majeure.

D'où il suit qu'en considérant uniquement l'économie des dépenses à faire, il y a lieu en général de préférer les réserves tant que leur capacité ne dépasse pas la limite correspondante à deux remplissages annuels : pour des capacités supérieures, lorsque l'on ne peut plus espérer qu'un seul remplissage, le relèvement artificiel peut présenter quelques avantages dans les circonstances suivantes :

(1°) Si l'un des deux versants est peu incliné, ce qui permet de rencontrer à une faible distance verticale du bief de partage des cours d'eau assez importants pour alimenter la navigation ;

(2°) Si dans les sécheresses les affluents supérieurs sont insuffisants pour réparer les pertes d'évaporation et d'imbibition ;

(3°) S'il existe indépendamment de ces pertes des filtrations considérables à relever.

Dans ces conditions, le relèvement artificiel des affluents inférieurs pourra fournir des ressources importantes, mais

toujours essentiellement limitées par le volume d'étiage de ces cours d'eau à relever.

Ce système combiné avec l'exécution préalable de réserves suffisantes pour aménager la moyenne des crues d'été, présente les avantages suivants : il réduit les dépenses capitales, proportionne les frais annuels aux besoins effectifs et assure pour un grand nombre d'années la circulation des bateaux ; il permet de constater, sans en arrêter les progrès, le développement de la circulation, et d'étendre successivement les aménagements supérieurs. Il fournit ainsi une solution du problème d'une alimentation progressive dont les ressources sont constamment en rapport avec le mouvement commercial. A notre avis, il convient de maintenir autant que possible la capacité des réservoirs au niveau des besoins de la circulation effective dans une année ordinaire, et d'utiliser les machines pour faire face aux éventualités qui résultent, soit d'une excessive sécheresse, soit d'une augmentation d'activité sur la ligne.

Lorsque cette condition est satisfaite, on peut regarder l'alimentation comme entièrement assurée et à l'abri de toute chance d'interruption du service des machines. Il est facile de voir, en effet, qu'alors il est toujours facile de réintégrer dans le bief de partage le volume que l'on doit tirer des réservoirs lorsque ces interruptions se réalisent.

En reprenant les notations de l'article 21, on sait que la valeur maximum de ce volume est :

$$15\nu_3 = 8\,130x + 71\,931.30 = 15\,(542x + 9\,795.42 - r_1).$$

Si l'on désigne par n la circulation effective antérieure à une année quelconque, et Δn l'accroissement de circulation d'une année à l'autre, on aura :

$$x = n + \Delta n \text{ et } r_1 = 550n,$$

si le volume des réserves suffit aux besoins de la circulation effective, donc :

$$15\nu_3 = 15(542\Delta n + 9795.42 - 8n).$$

Le volume disponible chaque jour dans l'Helpe s'élève, dans les années les plus défavorables à 9 831 mètres cubes, sur quoi l'accroissement de circulation Δn exigera une dépense de 550 Δn, donc le volume applicable à la reconstruction des réserves sera $9827 - 550\Delta n$, et la valeur du temps T nécessaire à cette opération, sera :

$$[9831 - 550\Delta n]T = 15[542\Delta n + 9795.42 - 8n],$$

d'où :

$$T = 15\frac{542\Delta n + 9795.42 - 8n}{9831 - 550\Delta n}.$$

La valeur T croît avec Δn, mais un accroissement de deux passages quotidiens constitue sur un canal livré à la navigation depuis plusieurs années un véritable maximum.

Si donc on pose $\Delta n = 2$, on aura pour la valeur maximum de T dans les années les plus sèches :

$$T = 15[1.246 - 0.0009n] = 18^j.69 - 0.013n.$$

La valeur T sera donc toujours inférieure à dix-neuf jours ; on pourra donc ramener en peu de temps au bief de partage le volume dont une interruption maximum de quinze jours aurait exigé la dépense.

35. L'expérience acquise, dans l'année 1842, a prouvé que dans les grandes sécheresses le volume des affluents supérieurs est insuffisant pour la réparation des pertes inévitables d'évaporation et d'imbibition.

Dans ces circonstances, les eaux à puiser dans l'Helpe mineure doivent être en majeure partie employées à la réparation de ces pertes, et 9 514 mètres cubes seulement sont disponibles pour les dépenses de navigation.

Ces faits, aujourd'hui démontrés par l'expérience, posent quant à présent une limite minima des ressources alimentaires du canal de jonction, et nous avons vu qu'elle correspond à une moyenne de vingt-six passages quotidiens.

Cette limite est inférieure à celle que nous avions déduite, dans notre premier mémoire, des expériences faites en 1840 et 1841, et portée à 42 passages.

Pour réaliser les 17 passages qui font la différence entre ces deux évaluations, il faudrait que l'excédant du volume disponible s'accrût de 9350 et s'élevât à 18 864 mètres cubes.

Ce qui suppose dans le produit total des affluents une augmentation égale, et porte sa valeur totale de 21 841 mètres cubes, moyenne applicable à 1842, à 31 191 mètres cubes.

L'étendue des ressources alimentaires croît donc plus rapidement que le volume des eaux affluentes, et l'on peut espérer voir se réaliser en moyenne les résultats que nous avons énoncés en décembre 1841.

Néanmoins, la prudence nécessitera l'augmentation progressive des réserves dès que la circulation aura atteint une moyenne de quatorze bateaux par jour.

36. Les résultats de l'année 1842 ont permis de déterminer, pour les localités que traverse le canal de jonction, le rapport du volume disponible à la surface des versants.

La surface soumise à l'expérimentation est de 7 825 hectares. Nous avions admis comme moyenne, et suivant les indications de M. Cottin de Melville, dans son mémoire sur l'alimentation du canal de Nantes à Brest, un volume de 3 000 mètres cubes par hectare, soit une hauteur de $0^{m}.30$ par mètre quarré ; cette moyenne avait été dépassée dans l'année 1841.

En 1842, au contraire, les résultats de l'observation ont été notablement inférieurs à la moyenne : si l'on calcule les volumes disponibles depuis le 1er janvier jusqu'au 31 décembre de cette année, on trouve seulement

6 153 371 mètres cubes, soit par hectare 786 mètres cubes, et par mètre quarré $0^m.0786$; la hauteur de pluie tombée a été de $0^m.448$; le volume utilisé est donc seulement le sixième du produit de la pluie.

Si l'on prend pour commencement de l'année le moment où la navigation reprend son cours sur le canal, et pour terme l'époque du chômage, disposition qui comprend l'ensemble des volumes applicables pendant une année de navigation aux besoins du service, on obtient les résultats consignés dans le tableau suivant. Ces résultats s'écartent un peu moins de la moyenne, et présentent cette circonstance remarquable que le plus faible correspond à la période (1842-1843), ce qui tient à ce que la sécheresse de l'année 1842 s'est prolongée jusqu'en décembre.

INDICATION des périodes.	VOLUME total disponible.	VOLUME par hectare.	HAUTEUR par mètre quarré.	HAUTEUR totale de pluie tombée.	RAPPORT.
1840 — 1841	24 810 443	3 170	0.317	0.805	0.394
1841 — 1842	20 971 692	2 680	0.268	0.626	0.428
1842 — 1843	11 274 760	1 440	0.144	0.739	0.194
Moyennes admises. . .		3 000	0.300	0.700	0.429

La différence considérable qui existe entre les résultats de ce tableau pour les années de sécheresse, et les moyennes consignées dans le mémoire sur l'alimentation du canal de Nantes à Brest, nous a paru importante à constater, soit comme signe caractéristique d'une différence bien tranchée entre les climats de ces deux contrées, soit comme résultat remarquable de l'excessive sécheresse de l'année dans laquelle elle a été observée.

Néanmoins, on voit que malgré cette réduction, l'aménagement de toutes les ressources eût suffi pour assurer, même sans relèvement artificiel, une circulation annuelle

de seize mille bateaux, double de celle des canaux les plus fréquentés.

Ce volume reste donc, même dans les années les moins favorables, bien supérieur au maximum des besoins possibles du canal. L'aménagement des cours d'eau supérieurs est donc susceptible de s'étendre progressivement au fur et à mesure du développement de la circulation, et présente sous ce point de vue des ressources indéfinies.

RÉSUMÉ.

Les observations recueillies dans les dernières années sur le régime des biefs supérieurs du canal ont permis de déterminer la limite inférieure des ressources disponibles; la grande sécheresse de l'année 1842, dans laquelle le produit des affluents a été inférieur au tiers des minima antérieurement observés, permet de considérer cette année comme un type des circonstances les plus défavorables.

Les machines nécessaires pour opérer le relèvement artificiel de l'Helpe mineure au bief de partage sont aujourd'hui toutes construites. Nous avons cherché à établir, en nous servant de la théorie de M. de Pambour sur la machine à vapeur, les relations qui doivent exister entre le moteur et le mécanisme hydraulique, les conditions de vitesse et d'immersion correspondantes au maximum d'effet utile; nous avons appliqué ces considérations aux données numériques relatives aux vis du canal de jonction.

L'exposé des résultats obtenus du travail des machines en 1842 montre que l'effet utile correspondant à la consommation de 1 kilogramme de houille varie pour un travail continu de $17\,717^{K \times m}$, minimum correspondant à la machine de Labbaye, à $30\,468^{K \times m}$, produit de la machine de Landrecies.

Les pompes de Béziers et du Gros-Caillou, fournissant

pour la même consommation 42 000$^{K \times m}$ et 50 000$^{K \times m}$, on doit en conclure que les vis d'Archimède (dont le choix est d'ailleurs motivé par d'autres considérations) sont inférieures aux bonnes machines connues, sous le rapport de l'économie du combustible et de la force motrice.

Le prix de revient du mètre cube d'eau élevé de l'Helpe mineure au bief de partage sur une hauteur totale de 6^{m}.82, a été, en 1842, de 0^{fr}.02964, dont en combustible 0^{fr}.0048 seulement.

Nous avons cherché quelles relations doivent s'établir entre le mouvement de la navigation et les volumes à élever respectivement dans chaque bief; quelle est la limite minimum de la circulation possible sur le canal avec les ressources actuelles.

Cette limite nous paraît devoir être fixée aujourd'hui à vingt-six passages quotidiens dans les années de sècheresse; les volumes à élever moyennement chaque jour par les machines pour entretenir une telle circulation restent inférieurs à la force totale des machines; mais en raison des maxima de circulation et de sécheresse qui peuvent se réaliser et se prolonger pendant plusieurs semaines, en raison des chances d'interruption du service des machines, il conviendra de s'occuper de l'extension des ressources alimentaires lorsque le nombre moyen des passages sera de quatorze par jour.

Cette extension pouvant être obtenue soit par l'augmentation des réserves, soit par la recherche de nouvelles eaux dans l'Helpe majeure, nous avons comparé les deux systèmes et trouvé que le premier sera beaucoup plus économique.

Nous avons ensuite recherché les conditions d'équivalence entre l'emploi des réserves et celui des machines, en tenant compte des volumes nécessaires à l'entretien des biefs et les hauteurs maxima du relèvement artificiel.

Cette analyse nous a permis d'indiquer les circonstances

qui peuvent favoriser spécialement l'emploi des machines, et qui sont à notre avis :

(1°) La nécessité de fournir pour les biefs culminants des volumes d'eau considérables, ce qui suppose l'existence de filtrations abondantes à relever ;

(2°) La rareté des remplissages d'été ;

(3°) La faible inclinaison de l'un des versants.

Nous avons également examiné s'il ne conviendrait pas, avant d'augmenter les réserves, de procéder à la réduction des dépenses de navigation dans les limites que comporte l'état actuel des ouvrages, et conclu qu'en effet cette mesure était la première de celles à adopter, lorsque la circulation aura atteint la limite de quatorze bateaux.

L'extension ultérieure des réservoirs devra ensuite avoir lieu progressivement, de manière à ce que la capacité des réserves représente, à très-peu près, le mouvement effectif de la circulation sur le canal.

Enfin, le jaugeage des eaux recueillies et écoulées en 1842, nous a fourni une valeur minimum du volume correspondant à une surface donnée du versant, et démontre que dans les années les plus sèches et dans nos localités, ce volume peut se réduire à 1 440 mètres cubes par hectare.

Nous avons espéré que le compte rendu d'expérimentations faites sur une assez grande échelle, celui des premiers essais d'un système d'alimentation progressive avec machines auxiliaires ne serait pas sans quelque utilité ; nous avons cru aussi devoir y indiquer quels sont, à notre avis, les avantages spéciaux de ce système, les circonstances qui peuvent motiver son adoption et les limites dans lesquelles il convient de l'employer.

17 septembre 1844.

APPENDICE.

Les conclusions auxquelles nous sommes arrivé ci-dessus (art. 13), sur l'infériorité relative des vis d'Archimède sous le rapport de l'économie de la force motrice et du combustible, sont diamétralement opposées à l'opinion émise dans une notice insérée aux *Annales des ponts et chaussées* (2e semestre, 1843), sur la vis établie aux Étoquis, par M. de Gayffier, ingénieur civil attaché à la Sambre canalisée.

Suivant cette notice, la vis des Étoquis utiliserait les 0.95 de l'action transmise par le moteur. Ce résultat, certainement très-remarquable (puisque les meilleures machines connues donnent à peine 0.70 ou 0.78), diffère de tous ceux que nous avons obtenus, et nous impose l'obligation de vérifier comment il se déduit des faits consignés dans la notice.

Au premier aspect, il ne semble pas résulter des chiffres posés. La force de la machine est évaluée en effet (page 12) à 26 chevaux-vapeur, soit $26 \times 75 = 1950^{K \times m}$.

Et l'effet utile à $0^{m.c.}.730$ élevés à $1^{m}.75$ de hauteur par seconde, ou 1377.

Le rapport serait de 0.70 et non de 0.95.

Pour obtenir ce dernier chiffre, il faut admettre que, en raison des pertes spéciales à la machine à vapeur, l'effort transmis par elle à la vis ne s'élève qu'à 1 450 kilogr., ce qui revient à évaluer les pertes de la machine à 0.26.

La détermination du rapport de l'effet utile à la force employée résulte donc de l'application plus ou moins contestable d'une formule pratique à la recherche de la force brute de la machine employée et de l'emploi d'un coefficient arbitraire de réduction pour évaluer la force nette transmise par le moteur. Nous ne pensons pas que ce procédé soit assez rigoureux pour établir un fait aussi capital que le fait énoncé : l'appréciation isolée des pertes dues au

mécanisme hydraulique nous paraît exiger la mesure directe de la force qui lui est appliquée.

En l'absence de cet élément d'observation, on ne peut que déterminer en bloc les résultats de la machine, en comparant la consommation de combustible au volume élevé. Nous suivrons d'autant plus volontiers cette marche, qu'elle nous fournira des résultats tout à fait comparables à ceux que nous avons consignés dans le tableau de l'article 13.

Or, suivant la notice, la machine des Étoquis a consommé dans sa marche 119 916 kilogrammes de houille pour l'élévation de 2 219 960 mètres cubes : ce qui donne par kilogramme de houille un volume de $18^{m.c.}.50$ ou un poids de 18 500 kilogrammes.

La hauteur d'élévation effective étant de $1^{m}.75$, l'effet total correspondant à la consommation de 1 kilogramme de houille est donc $18\,500^{k} \times 1.75 = 32\,375^{K \times m}$.

Mais comme la chute de l'écluse des Étoquis est seulement de $1^{m}.37$, et qu'en dernière analyse, cette chute mesure seule la hauteur d'élévation utile, on voit que l'effet utile correspondant à la consommation de 1 kilogr. de houille est seulement $18\,500 \times 1.37 = 25\,345^{K \times m}$.

Le tableau de l'article 13 a donné pour les mêmes effets :

A Labbaye. . .	Effet total.	$27\,284^{K \times m}$
	Effet utile.	17 717
A Landrecies. .	Effet total.	35 968
	Effet utile.	30 468

On voit donc que les résultats de la machine des Étoquis sont compris entre les limites de ce tableau, et que les effets totaux et utiles correspondants à la consommation de 1 kilogramme de houille y sont un peu moindres qu'à Landrecies.

Et comme la machine de Landrecies est beaucoup moins avantageuse que les pompes de Béziers et du Gros-Caillou, les conclusions que nous avons énoncées sur l'in-

fériorité relative des vis d'Archimède mues par la vapeur sont confirmées par ce nouvel exemple.

Elles deviendront plus saillantes encore, si, comme nous le croyons, l'emploi du coefficient pratique 0.405, adopté dans la notice pour le jaugeage des volumes élevés, doit, pour s'appliquer aux observations des Étoquis, subir une notable réduction.

Le déversoir des Étoquis étant placé à l'intérieur d'un coursier de même largeur, peu incliné en aval et couvert d'une tranche d'eau variable de $0^m.29$ à $0^m.35$, il en résulte que le coefficient 0.405, établi pour un déversoir libre en aval et pour des hauteurs de $0^m.05$, est certainement trop élevé. On sait en effet, par les expériences de MM. Poncelet et Lesbros, que la valeur du coefficient diminue quand la hauteur augmente, et n'est plus que de 0.380 pour une hauteur de $0^m.22$. On sait également que l'existence d'un coursier en aval du déversoir modifie notablement les conditions de l'écoulement.

D'un autre côté, le calcul du volume hydrophore de la vis conduit également à une conséquence semblable.

La génération de la vis est définie (pages 9, 10 et 11) comme il suit :

Diamètre extérieur 1.59, inclinaison des hélices sur sur l'axe, 72 degrés;

Diamètre du noyau, 0.35; inclinaison des hélices sur l'axe, 35 degrés;

Inclinaison du berceau à l'horizon, 33 degrés.

Ces données déterminent complétement la capacité hydrophore de la vis, et son volume est seulement de 0.220.

Or, d'après les jaugeages, chaque tour de spire fournirait (page 12) 0.347.

Quantité supérieure de 58 pour 100 à la capacité hydrophore.

Si l'on conçoit, comme nous l'avons exposé (article 5), qu'une vis trop immergée puisse se charger à son extré-

mité inférieure d'un volume supérieur à sa capacité hydrophore, il nous paraît certain que la majeure partie, sinon la totalité de cet excédant qui s'écoule avec rapidité vers le noyau, doit avoir quitté la vis avant d'avoir atteint son orifice supérieur. Cet écoulement, nécessairement accompagné d'une perte sensible de la force transmise, ne peut coïncider avec un maximum relatif d'effet utile, et nous ne saurions admettre qu'il puisse rester dans la vis, un volume supérieur de 58 pour cent à celui qu'elle peut retenir.

Cette condition nous fournit donc un nouvel indice de la nécessité d'une réduction importante dans le coefficient 0.405 employé pour le jaugeage des volumes élevés.

Quoi qu'il en soit, les faits consignés dans la notice s'accordent avec ceux que nous avons observés pour établir, indépendamment de toute réduction, l'infériorité des vis d'Archimède, sous le rapport de l'économie de la force motrice : cette circonstance ne détruit d'ailleurs en rien les avantages spéciaux qu'elles présentent pour un service intermittent destiné à l'élévation de volumes d'eau considérables à de faibles hauteurs. Mais il nous a paru indispensable d'insister sur ce point pour prévenir toute illusion sur l'effet utile que l'on peut espérer de leur emploi.

Voir le tableau page 82.

TABLEAU N° 1. — *Des mouvements du bief de partage pendant trois années de navigation, du 1er octobre 1840 au 1er août 1843.*

ANNÉES.	MOIS.	HAUTEUR d'eau dans le bief, à l'origine.	HAUTEUR d'eau dans le bief, à la fin.	VOLUME acquis.	VOLUME perdu.	VOLUME dépensé par les réservoirs.	VOLUME fourni par la machine.	VOLUME DÉPENSÉ. Navigation.	VOLUME DÉPENSÉ. Alimentation inférieure.	VOLUME DÉPENSÉ. Écoulement de crues.	VOLUME DÉPENSÉ. Total.	EXCÉDANT par mois.	DÉFICIT par mois.	HAUTEUR de pluie tombée.	NOMBRE DE jours de navigation.	NOMBRE DE passages total.	NOMBRE DE passages par jour.
1840	Octobre	0.00	2.32	299 466	»	»	»	97 390	»	2 106 637	2 204 027	2 503 493	»	0 080	7	70	10.00
	Novembre	2.32	2.35	4 860	»	»	»	54 501	»	6 504 055	6 558 556	6 563 416	»	0 108	30	45	1.50
	Décembre	2.35	2.02	»	52 068	»	»	49 097	»	3 071 268	3 120 365	3 068 297	»	0.056	13	37	2.85
1841	Janvier	2.02	2.23	32 780	»	»	»	27 569	»	5 480 744	5 508 313	5 541 093	»	0 120	13	23	1.77
	Février	2.23	2.30	11 202	»	»	»	86 415	»	1 248 859	1 335 274	1 346 476	»	0.028	13	64	4.92
	Mars	2 30	2.73	71 818	»	»	»	283 682	»	1 549 836	1 833 518	1 905 336	»	0.032	31	190	6.13
	Avril	2.73	3.03	53 173	»	»	»	419 599	»	649 114	1 068 713	1 121 886	»	0 064	30	247	8.23
	Mai	3.03	1.85	»	181 820	»	»	331 892	»	173 294	505 186	323 366	»	0.060	31	264	8.51
	Juin	1.85	1.57	»	36 720	»	88 768	118 330	97 632	»	215 962	90 474	»	0.082	30	158	5.27
	Juillet	1.57	2.29	95 813	»	»	12 906	314 373	»	1 949 326	2 263 699	2 346 606	»	0.165	31	286	9 22
	Totaux			569 112	270 608	»	101 674	1 782 848	97 632	22 733 133	24 613 613	24 810 443	»	0.805	229	1 384	4.86
1841	Septembre	0.80	1.30	54 000	»	»	»	11 332	»	»	11 332	65 332	»	0.050	20	10	0 50
	Octobre	1.30	2.40	143 340	»	»	»	207 874	»	1 489 835	1 697 709	1 841 049	»	0 116	31	153	5.00
	Novembre	2.40	2.50	14 720	»	»	»	205 087	»	5 142 196	5 347 283	5 362 003	»	0 096	30	147	4.90
	Décembre	2.50	2.39	»	16 176	»	»	95 899	»	8 149 458	8 245 357	8 229 181	»	0.176	31	73	2.36
1842	Janvier	2.39	2.18	»	35 399	»	»	1 556	»	925 207	926 763	891 364	»	»	2	2	1.00
	Février	2.18	2.50	51 575	»	»	»	233 375	»	1 517 636	1 751 011	1 802 586	»	»	15	179	12.00
	Mars	2.50	3.01	79 427	»	»	»	153 711	»	2 519 959	2 673 670	2 753 097	»	0.037	31	100	3.10
	Avril	3.01	2.03	»	146 176	»	»	243 216	15 660	»	258 876	112 700	»	0.015	30	175	5.80
	Mai	2.03	1.68	»	45 666	310 000	»	192 782	253 673	»	446 455	90 789	»	0.035	31	218	7.00
	Juin	1.68	0.64	»	114 164	»	4 851	41 369	32 300	»	73 669	»	45 346	0 027	30	65	2.16
	Juillet	0.64	1.64	108 820	»	»	140 888	27 947	27 216	»	55 163	23 395	»	0 052	31	35	1.13
	Août	1.64	0.29	»	140 752	»	157 850	99 400	44 744	»	144 144	»	154 458	0.002	30	100	3.23
	Totaux			451 882	498 333	310 000	303 289	1 513 548	373 593	19 744 291	21 631 432	21 171 496	199 804	0.626	313	1 237	4.00
1842	Septembre	0 29	0 66	35 160	»	»	»	»	»	»	»	35 160	»	0.085	»	»	»
	Octobre	0.66	1.07	40 160	»	»	74 711	43 451	$3\,6^{39}$	»	47 090	12 539	»	0.059	16	44	2.75
	Novembre	1.07	2.47	179 394	»	»	46 830	162 267	$35\,5^{95}$	113 984	311 846	444 410	»	0.087	30	145	4.62
	Décembre	2.47	2.25	»	32 030	»	»	191 005	$28\,1^{60}$	»	219 165	187 135	»	0 029	31	190	6.01
1843	Janvier	2.25	2.40	21 555	»	»	»	155 263	»	1 913 568	2 068 831	2 090 386	»	0.068	31	115	3.71
	Février	2.40	2.31	»	4 575	»	»	187 472	»	5 186 630	5 374 102	5 369 527	»	0.082	28	140	5.00
	Mars	2.32	2 08	»	33 651	»	»	316 240	»	115 414	431 654	398 003	»	0 095	31	244	7.87
	Avril	2.08	2.56	68 909	»	»	»	311 039	»	767 388	1 078 427	1 147 336	»	0.083	30	227	7.56
	Mai	2.56	3.11	86 889	»	»	»	269 950	»	356 486	626 436	713 325	»	0.102	31	270	8.71
	Juin	3.11	2.21	»	126 444	»	»	259 600	»	482 575	742 175	615 731	»	0.076	30	197	6 56
	Juillet	2.29	2.11	»	21 236	»	»	266 058	»	18 530	284 588	263 352	»	0.077	31	276	8 90
	Totaux			432 067	217 936	»	121 541	2 162 345	67 394	8 954 575	11 184 314	11 276 904	»	0.773	289	1 848	6.44

TABLEAU N° 2. — *Mouvement des eaux dans le bief d'Ors en 1842 et 1843.*

PÉRIODES des OBSERVATIONS.	HAUTEUR de l'eau dans le bief à l'origine.	HAUTEUR de l'eau dans le bief à la fin.	VOLUME acquis.	VOLUME perdu.	DÉPENSE. Navigation.	DÉPENSE. Lâchure.	DÉPENSE. Machines.	DÉPENSE. Total.	REÇU. Navigation.	REÇU. Lâchure.	REÇU. Machines.	REÇU. Total.	VOLUME disponible.	DÉFICIT.
1842 Avril. . . .	1.85	1.54	»	32 251	97 946	49 922	»	147 868	119 292	165 660	»	284 952.00	»	169 335.00
1842 Mai.	1.54	1.48	»	5 966	108 573	90 936	»	199 509	108 253	253 673	»	361 926.00	»	168 383.00
1842 Juin.	1.48	1.35	»	12 622	31 438	»	4 851	36 289	16 096	32 300	81 180.00	129 576.00	»	105 909.00
1842 Juillet. . . .	1.35	1.38	2 875	»	1 684	»	140 588	142 272	27 216	25 056	396 133.00	448 405.00	»	303 258.00
1842 Août. . . .	1.38	1.80	»	51 638	32 838	»	157 850	190 688	31 232	25 416	236 037.00	292 685.00	»	153 635.00
Totaux. . . .	. . .	. . .	2 875	102 477	272 479	140 858	303 289	716 626	302 089	502 105	713 350.00	1 517 544.00	»	900 520.00
1842 Septembre.	0.80	0.99	15 030	»	»	»	74 711	»	»	»	33 514.00	33 514.00	»	18 484.00
1842 Octobre. . .	0.99	1.52	19 356	»	9 757	»	46 830	84 468	17 303	»	337 817.00	355 120 00	»	221 296.00
1842 Novembre.	1·52	1.61	9 637	»	52 086	»	»	98 916	62 405	35 595	256 300.00	354 300.00	»	245 747.00
1842 Décembre.	1.61	1.60	»	1 017	76 867	»	»	76 867	88 699	28 160	»	116 859.00	»	41 009.00
1843 Janvier. . .	1.60	1.75	15 531	»	41 789	1 697 369	»	1 739 158	60 095	20 215	»	262 245 00	1 492 444.00	»
1843 Février. . .	1.75	1.75	»	»	68 783	1 520 968	»	1 589 751	81 299	231 588	»	312 887.00	1 276 864.00	»
1843 Mars. . . .	1.75	1.70	»	5 239	93 491	389 727	»	483 218	144 992	»	»	144 992.00	332 987.00	»
1843 Avril. . . .	1.70	1.75	5 239	»	82 324	445 997	»	528 301	137 916	12 798	»	150 714.00	382 826.00	»
1843 Mai.	1.75	1.90	16 089	»	104 061	»	»	104 061	137 363	»	52 171.00	189 534 00	»	69 384.00
1843 Juin.	1.90	1.66	»	25 454	87 994	571 202	»	659 196	115 961	»	4 703.40	120 664.40	513 077.60	»
1843 Juillet. . . .	1.66	1.65	»	1 020	109 719	»	»	109 717	147 840	»	23 523.40	171 362.40	»	62 665.40
Totaux. . . .	. . .	. . .	110 882	32 730	726 869	4 625 243	121 541	5 473 653	993 873	510 291	708 027.80	2 212 191.80	3 998 198.60	758 585.40

TABLEAU N° 3. — *Mouvement des eaux du bief de Landrecies en 1842 et 1843.*

PÉRIODES des OBSERVATIONS.		HAUTEUR de l'eau dans le bief à l'origine.	HAUTEUR de l'eau dans le bief à la fin.	VOLUME acquis.	VOLUME perdu.	DÉPENSE. Navigation.	DÉPENSE. Lâchure.	DÉPENSE. Machines.	DÉPENSE. Total.	REÇU. Navigation.	REÇU. Lâchure.	REÇU. Machines.	REÇU. Total.	VOLUME disponible.	DÉFICIT.
1842	Avril. . . .	1.95	1.56	»	35 180	47 107	»	»	47 107	97 946	49 922	»	147 868	»	135 941
	Mai.	1.5[illegible]	1.48	»	6 818	48 888	»	»	48 888	108 573	90 936	76 826	276 335	»	234 265
	Juin.	1.48	1.60	10 277	»	39 390	»	81 180	120 570	31 438	»	548 222	579 660	»	448 813
	Juillet. . . .	1.60	1.68	7 021	»	10 605	»	396 133	406 738	1 684	»	747 509	749 193	»	335 434
	Août. . . .	1.68	1.12	»	45 706	14 955	»	236 037	250 992	32 838	»	408 450	441 288	»	236 002
	Totaux. . . .	. . .	. . .	17 298	87 704	160 945	»	713 350	874 295	272 479	140 858	1 781 007	2 194 344	»	1 390 455
1842	Septembre.	1.12	1.63	41 743	»	9 243	»	33 514	42 757	»	»	158 243	158 243	»	73 743
	Octobre. . .	1.63	1.62	»	3 483	20 598	»	337 817	358 415	9 757	»	458 052	467 209	»	112 877
	Novembre.	1·62	1.71	10 956	»	26 006	»	256 300	282 306	52 086	»	95 440	147 526	145 736	
	Décembre.	1 71	1.80	8 109	»	56 372	223 202	»	279 574	76 867	»	»	76 867	210 816	
1843	Janvier. . .	1.80	1.73	»	5 319	21 386	4 466 351	»	4 487 737	41 789	1 697 369	»	1 739 158	2 743 260	
	Février. . .	1.73	1.75	1 800	»	42 017	5 827 614	»	5 869 631	68 783	1 520 968	»	1 589 751	4 281 680	
	Mars. . . .	1.75	1.87	10 974	»	61 984	1 013 651	»	1 075 635	93 491	389 727	»	483 218	603 391	
	Avril. . . .	1.87	1.94	6 530	»	62 409	1 338 695	»	1 401 104	82 324	445 977	»	528 301	879 333	
	Mai.	1.94	2.10	15 298	»	85 278	983 230	52 171	1 120 679	104 061	»	»	104 061	1 031 916	
	Juin.	2.10	1.98	»	11 516	70 894	1 621 050	4 703	1 696 647	87 994	571 202	»	659 196	1 025 935	
	Juillet. . . .	1.98	1.99	950	»	89 714	»	23 522	113 236	109 717	»	»	109 717	4 469	
	Totaux. . . .	. . .	. . .	96 360	20 318	545 901	15 473 793	708 027	16 727 721	726 869	4 625 243	711 735	6 063 847	10 926 536	186 620

L'envoi de ce travail ayant été retardé jusqu'à l'ouverture du chômage de 1844, nous profiterons de cette circonstance pour y joindre un compte sommaire des faits observés pendant cette dernière année, et particulièrement dans la période d'alimentation qui s'est écoulée du 1er avril au 31 juillet 1844.

La hauteur totale de pluie tombée depuis le 1er août 1843 jusqu'au 31 juillet 1844, a été $0^{m.c.}.715$; elle est sensiblement égale à la moyenne généralement admise pour le nord de la France, $0^{m.c.}.70$. Néanmoins le volume total disponible dans cet intervalle n'a pas dépassé 16 000 000 mètres cubes, ce qui donne seulement 2 044 mètres cubes pas hectare sur une surface totale de 7 825 hectares.

Ce résultat et celui de l'année 1842 conduisent à cette conséquence que le chiffre de 3 000 mètres cubes précédemment admis comme moyenne, est un peu trop élevé pour les localités traversées par le canal de jonction.

Le minimum des quatre années d'observations est de 1 440 mètres cubes par hectare; la moyenne, 2 584 mètres cubes.

Dans la période d'alimentation comprise entre le 1er avril et le 31 juillet 1844, la navigation a été maintenue constamment libre et ouverte : il est passé 1 185 bateaux, et les niveaux de chacun des biefs ont été entretenus par l'emploi combiné des réserves et des machines échelonnées.

Les réserves n'ont été employées qu'en partie. Un volume de 200 000 mètres cubes avait été conservé pour faire face aux interruptions possibles du service des machines et 50 000 ont été en effet utilisés pendant le chômage de la machine des Étoquis, causé par le bris accidentel de quelques pièces. Il est donc resté au 31 août un volume disponible de 150 000 mètres cubes.

Les machines ont travaillé pendant 2 200 heures, lesquelles ont été réparties comme il suit :

A Labbaye.	840
A Ors.	775
A Landrecies.	585
Total pareil.	2 200

Le temps de travail disponible étant en totalité de 8 100 heures, on voit que les machines en ont employé les 0.27 seulement.

On n'a donc employé qu'une faible partie des ressources alimentaires.

Un fait capital ressort de la comparaison du temps de travail des machines en 1842 et en 1844. On avait eu, en 1842 avant le chômage, les résultats suivants :

	heures.	
Temps de travail à Labbaye.	401	
à Ors.	1 169	(Roue à tympans.)
à Landrecies.	1 679	
Temps total.	3 249	

Ainsi en 1842, 1 679 heures de travail de la machine de Landrecies avaient été nécessaires pour en fournir 401 à Labbaye.

Au contraire, en 1844, il a suffit de 585 heures à Landrecies pour obtenir 840 heures à Labbaye.

La première de ces machines est donc devenue relativement beaucoup plus puissante ; pour apprécier complétement ce résultat, il faut remarquer qu'en 1842 :

		mèt. cub.
Le volume élevé à Landrecies avait été.		1 781 000
Et à Labbaye.		303 000
Différence en 83 jours.		1 478 000
Soit par jour.		17 800
En 1844 le volume élevé à Landrecies a été seulement de		668 000
On a élevé à Labbaye.	693 000m. c.	
Sur quoi il a été fourni par les réserv. de Fesmy.	68 000	
Reste pour la machine de Landrecies.	625 000	625 000
Différence en 44 jours.		43 000
Soit par jour.		977

Il y a donc eu pendant le temps du travail des machines une réduction de 16 823 mètres cubes sur les besoins journaliers du bief de Landrecies.

Ce changement radical est dû principalement au succès des travaux d'étanchement de ce bief. S'il n'augmente pas (comme nous l'avons vu article 19) les ressources de l'ensemble du système, il montre du moins qu'aujourd'hui le travail de la machine de Landrecies peut être considérablement réduit, et n'est plus employé que pour une portion minime de sa force totale à la réparation des pertes spéciales du bief.

N° 129.

Observations sur les chemins de fer anglais;

Par MM. PAUL MICHELOT, Ingénieur des ponts et chaussées,
et AUGUSTE BOUSSON, Ingénieur sous-directeur du chemin de fer de la Loire.

1. Dans le voyage que nous avons fait en Angleterre, au mois de mars dernier, notre attention s'est exclusivement portée sur la construction et l'exploitation des chemins de fer.

L'examen de faits nombreux observés sur les 1400 kilomètres de railways que nous avons parcourus (1), et les fréquents entretiens que nous avons eus, soit sur les lieux avec les inspecteurs de service et chefs d'atelier, soit à Londres avec plusieurs ingénieurs célèbres, nous ont conduits à des opinions motivées sur les diverses questions pratiques, dont nous allions demander la solution à l'expérience si étendue et déjà ancienne des constructeurs anglais. Exposer ces opinions, en citant à l'appui les faits les plus saillants, mais sans entreprendre des descriptions générales mieux placées dans les ouvrages spéciaux, tel est l'objet de ce mémoire qui n'aura d'autre intérêt que de mettre le lecteur au courant des idées actuelles de nos voisins, et d'autre mérite que de lui offrir,

(1) Voici l'énumération de ces railways dans l'ordre où nous les avons visités : 1° Douvres à Londres (*South-Eastern*); 2° Londres à Blackwall (*machines fixes*); 3° Londres à Bristol (*Great-Western*); 4° Glocester à Birmingham; 5° Birmingham à Chester; 6° Chester à Birkenhead; 7° Dublin à Kingstown; 8° Kingstown à Dalkey (*système atmosphérique*); 9° Liverpool à Manchester; 10° Manchester à Lancaster; 11° Carlisle à Newcastle; 12° Newcastle à North-Shields; 13° Newcastle à Durham; 14° Darlington à York (*Great North of England*); 15° York à Leeds; 16° Leeds à Derby (*North-Midland*); 17° Derby à Birmingham; 18° Birmingham à Londres; 19° Londres à Brighton.

sans aucun emprunt aux écrits antérieurs, le simple résumé de notes prises sur les travaux mêmes, dans les stations et dans les ateliers.

2. Nos observations se sont naturellement classées sous les titres suivants :

(1°) Terrassements et travaux d'art ;

(2°) Voie de fer ;

(3°) Stations ;

(4°) Matériel ;

(5°) Locomotion.

Le rapport que nous avons eu l'honneur de présenter à notre retour à M. le sous-secrétaire d'état, contenait à la suite des articles précédents un chapitre sur le système atmosphérique, considéré principalement au point de vue des dépenses d'établissement et d'exploitation comparativement au système ordinaire. Nous avions dans cette partie de notre travail résumé et apprécié les données que l'on possède aujourd'hui sur cette invention ingénieuse ; mais en présence de l'expérience restreinte de Dalkey, déjà décrite dans les Annales, et des opinions divergentes des ingénieurs anglais, qui ont été publiées depuis (2), nous n'avions pu arriver sur un système encore imparfait qu'à des conclusions provisoires ; aujourd'hui que des applications en grand vont être faites en Angleterre, il convient d'ajourner tout jugement jusqu'à la prochaine ouverture des lignes de Londres à Epsom, et d'Exeter à Plymouth.

1° TERRASSEMENTS ET TRAVAUX D'ART.

3. *Tracés.* — Nous n'aurons à placer ici qu'un petit nombre d'observations générales sur les tracés des chemins anglais, réservant pour le chapitre 5 les questions impor-

(2) *Voir* le rapport de M. Stephenson et l'enquête sur le chemin d'Epsom, traduction française publiée par le *Journal des chemins de fer*, et dans le numéro du 22 juin 1845 de ce journal, le rapport de sir John Macneill, sur le chemin de Dublin à Cashel.

tantes de courbes et de pentes, qui sont subordonnées aux besoins de vitesse, aux dépenses d'exploitation et aux perfectionnements successifs dans la construction des machines.

Les chemins de fer ne sillonnent pas encore les parties montagneuses des comtés du nord, du pays de Galles et de l'Écosse; dans l'Angleterre proprement dite, que nous avons parcourue en presque totalité, ils ne semblent pas avoir présenté des difficultés supérieures à celles que les ingénieurs ont eu à surmonter en France et en Belgique. Les lignes suivent en général les vallées et franchissent les faîtes qui les séparent; en cotoyant les rivières et les canaux qu'on ne craint pas de traverser fréquemment.

On s'attache aujourd'hui à diriger les tracés de manière à toucher toutes les localités de quelque importance, en allongeant s'il le faut le parcours; les tracés, qui ne satisfont pas à cette condition, paraissent moins productifs et seront probablement rectifiés; déjà, dit-on, la compagnie de Birmingham à Glocester se propose d'abandonner et de reconstruire une section de plusieurs milles, pour passer à Worcester qu'elle avait laissé d'abord à quelque distance.

Le passage des railways n'a donc été gêné en Angleterre ni par les obstacles naturels, ni par les routes et les canaux, ni par les villes mêmes, mais il a été soumis à des sujétions fort onéreuses aux approches des parcs, des domaines de la noblesse si nombreux et si vastes dans les comtés du centre et de l'est; l'opposition des familles puissantes, contre laquelle l'intérêt du public et des compagnies ne saurait prévaloir au parlement, a nécessité sur plusieurs lignes des terrassements et travaux d'art considérables qu'on aurait pu aisément éviter: c'est ainsi que la compagnie de Londres à Birmingham, après une lutte prolongée sans succès, a été forcée de multiplier à grands frais les souterrains dans un pays peu accidenté.

4. *Emplacement.* — Quelle que soit la valeur des terrains dans un pays où la culture est portée à une haute perfection, les acquisitions ont été faites largement sur toutes les grandes lignes et même sur celles du second ordre. On a partout réservé, soit au pied des remblais, soit au sommet des tranchées, l'espace nécessaire pour assurer parfaitement l'asséchement et la clôture, en rendant la voie bien indépendante des propriétés riveraines ; cet espace qui varie de 2 à 3 mètres, comprend généralement un fossé d'écoulement, un bourrelet surmonté d'une haie, et, à $0^{m}.50$ de la haie, une barrière qui sert de limite.

Indépendamment des lignes exceptionnelles de Londres à Birmingham, de Birmingham à Liverpool et de Liverpool à Manchester, qui ont leurs vastes établissements au sein de ces grandes villes, les autres railways, les plus récents surtout, se sont ménagé des emplacements considérables à proximité des centres de population qu'ils desservent, tant pour la voie et les gares que pour les ateliers, magasins et stations. Les compagnies qui n'ont pas eu la prudence d'agir ainsi, éprouvent de tels embarras de service que, pour en sortir, elles font des dépenses énormes. Nous indiquerons plus loin les dispositions générales des stations de voyageurs et de marchandises, mais c'est ici le lieu de remarquer que la commodité de ces stations dépend en grande partie de la position avantageuse qu'elles occupent, et de la surface étendue sur laquelle elles se développent.

5. *Terrassements.* — Les terrassements sont en général fort bien exécutés ; les talus, réglés avec précision et sous une inclinaison convenable, sont presque toujours gazonnés, et souvent plantés de sapins et d'autres arbres, comme au chemin de Newcastle à Carlisle et au Great-Western.

Dans les pays où la pierre est commune, le pied des talus est soutenu par des murs en pierres sèches, proprement taillées et régulièrement posées ; ces murs sont nombreux sur les chemins de Dublin à Kingstown, de New-

castle à Darlington et de Newcastle à Carlisle ; ils ont souvent 2, 3 et jusqu'à 6 mètres sur de grandes longueurs : on voit surtout de ces murs aux abords des villes et on est particulièrement frappé des dimensions et de la solidité des travaux de soutenement, lorsqu'on approche de Liverpool sur le chemin de Manchester à cette ville.

6. *Asséchement.* — Partout dans les tranchées, les plus grandes précautions ont été prises pour l'écoulement des eaux et l'asséchement de la voie. Sur plusieurs lignes, des aqueducs en briques, couverts et présentant des ouvertures de distance en distance, sont établis des deux côtés du chemin au pied des talus ; souvent même un troisième aqueduc est placé entre les voies pour faciliter l'écoulement des eaux ; nous avons observé ce système sur les chemins de Douvres à Londres et de Londres à Bristol, où la section des aqueducs dans les tranchées de marne va jusqu'à $1^{m}.20$ sur $1^{m}.20$.

Les aqueducs longitudinaux sont quelquefois remplacés par des tuyaux en poterie ou en fonte, comme au chemin de Birmingham à Chester, où l'on peut voir un double tuyau de chaque côté.

Sur tous les autres chemins que nous avons parcourus, les fossés dans les tranchées, lorsqu'ils ne sont pas couverts, sont revêtus de murs en moellons piqués ou en briques. Sur plusieurs, par exemple sur ceux de York à Darlington et de York à Leeds, le revêtement du fossé est couronné du côté de la voie par une petite assise en pierre de taille qui marque l'arête et soutient en même temps le ballast.

Enfin l'on pratique très-fréquemment dans le ballast même, des rigoles transversales qui partant du milieu de la voie, passent sous les rails et conduisent l'eau dans les rigoles.

L'usage des fossés avec bourrelets est général, tant au pied des remblais qu'au sommet des tranchées ; ces fossés sont entretenus avec beaucoup de soin.

L'écoulement des eaux des fossés placés au sommet des tranchées, se fait, pour éviter les dégradations, ou sur des caniveaux en maçonneries, ou par des tuyaux en poteries, quelquefois par des rigoles en fonte et même en planches. Dans les terrains marneux, on sillonne les talus de petites rigoles remplies de pierres cassées qui permettent la filtration des eaux ; on en voit un très-grand nombre sur le chemin de Londres à Brighton, dans les profondes tranchées de l'argile de Londres et de l'argile plastique.

Le chemin de Londres à Birmingham présente dans des terrains analogues, des déblais considérables dont les talus n'ont pu être garantis par les moyens ordinaires : M. Stephenson attribue même les principaux effets de glissement qui ont eu lieu, à l'infiltration des eaux dans les fissures déterminées par la chaleur au fond des fossés supérieurs. Pour arrêter à l'avenir ces mouvements fâcheux, on pratique du haut en bas des talus de grandes rigoles que l'on remplit de craie cassée et que l'on réunit par des saignées diagonales garnies des mêmes matières, de manière à établir sur toute la surface du talus un écoulement facile et à contenir les mouvements partiels. En nous donnant des détails intéressants sur ces travaux de consolidation dont l'étendue nous avait frappés à l'approche de Londres, M. Stephenson ajoutait un fait curieux, c'est que les tassements des remblais se sont manifestés et ont pu être réprimés dès l'ouverture de la ligne, tandis que les glissements des déblais n'ont commencé que cinq ou six ans après, et continuent encore aujourd'hui partout où l'on n'a pas eu recours à des remèdes énergiques.

7. *Ouvrages d'art.* — Les ouvrages d'art sont très-multipliés sur la plupart des chemins anglais ; ils paraissent en général construits avec solidité, souvent avec hardiesse et quelquefois avec élégance. Les souterrains mériteraient une étude particulière qu'il ne nous a pas été

possible de faire ; quelques-uns sont taillés dans le roc qui est resté apparent, mais la plupart sont revêtus en briques ; tous sont à deux voies.

On sait que des divers matériaux employés par les ingénieurs anglais, la brique est de beaucoup le plus répandu, à cause de son bas prix et de sa bonne qualité : elle est remplacée par le moellon piqué ou rustiqué dans les terrains de calcaire jurassique et de grès rouge, qui de Portland et d'Exeter s'étendent vers le nord de l'Angleterre. Sur les lignes importantes, comme celles de Londres à Birmingham et à Bristol, de Liverpool à Birmingham et à Manchester, etc., les têtes et angles des tunnels, viaducs et ponts sont en pierre de taille; un très-petit nombre d'ouvrages sont entièrement en pierre de taille et fort bien appareillés.

On a construit sur les rivières et canaux, aux abords des villes, notamment de Manchester et de Leeds, de beaux ponts avec arcs en fonte dans le système du pont de Southwark : il y aussi, quoique rarement, des ponts en fonte au-dessus des rails, comme à la station de Croft Spa, près de Darlington ; mais l'emploi de la fonte est beaucoup moins fréquent dans les chemins anglais qu'on ne pourrait s'y attendre, et semble réservé à des positions exceptionnelles. Le chemin de Manchester à Bolton est le seul peut-être où le type des ponts pour passages de routes soit un système en fonte; ce système se compose de fermes horizontales de 3 mètres environ de portée, soutenues par des colonnettes également en fonte.

On voit dans le nord quelques ponts et viaducs en bois avec piles en pierre. Sur le chemin de Carlisle à Newcastle, il y en a plusieurs remarquables par leur longueur ; les fermes, d'une grande portée, sont horizontales et forment parapets tant en dehors qu'en dedans des voies, de manière à passer à une très-faible hauteur au-dessus du niveau des eaux de la Tyne et de ses affluents.

Enfin, il faut rappeler les magnifiques viaducs que M. Green a construits pour le chemin de Newcastle à North-Shields et dont les arcs, formés de longues planches en bois du Nord (*mamel*), posées de plat, ont servi de type aux ponts du chemin de Rouen et autres analogues; les piles en pierres sont d'une extrême légéreté. Celui de ces viaducs qui passe sur un faubourg de Newcastle, a cinq arches de 35 mètres de portée, et celle du milieu est élevée de 32 mètres au-dessus du niveau de la rivière; la dépense de cette construction, y compris deux arches en pierre à chaque extrémité, n'a été que de 600 000 fr.

8. *Ponts obliques.* — Dans la construction des ponts qui servent à passer au-dessus des chemins de fer, les ingénieurs ne semblent s'être nullement préoccupés de l'obliquité sous laquelle les deux voies se rencontrent; on peut même dire que les rencontres à angles droits sont rares, et l'on cite un chemin de fer, celui de Londres à Birmingham sans doute, où il n'y en a pas une seule. Partout la difficulté a été heureusement résolue par des voûtes biaises à joints héliçoïdaux (appareil anglais) contruites à l'intrados en briques: les têtes, les angles, les cordons et crossettes sont appareillés en pierres de taille; les piédroits et les murs en retour ou en aile sont en briques ou en pierre de taille, suivant les localités. Quelques ponts biais sont entièrement en pierres, quelques autres entièrement en briques, mais ce sont des exceptions.

Parmi les ponts en fonte dont nous avons parlé, il y en a aussi de plus ou moins obliques; un des plus remarquables par ses belles proportions, est celui qui passe au-dessus d'une rue très-fréquentée de Manchester, près de la station de Newbaily; son ouverture est de 25 mètres, son obliquité de 45 degrés; les arcs au nombre de six, espacés de $2^{m}.50$ d'axe en axe, sont parallèles aux têtes et s'appuient normalement sur les piédroits qui forment en plan des redans à angles droits, et qui sont en

briques ainsi que les culées, à l'exception des angles, des piliers de tête et des coussinets d'embases.

9. *Traversées des routes, des canaux et des villes.* — Les passages à niveaux sur les chemins anglais sont fort rares et ne sont généralement considérés par les ingénieurs que comme provisoires. On les évite très-fréquemment en remblayant les routes transversales, de manière à les faire passer au-dessus de la voie de fer; les talus ainsi formés sont dressés avec soin et leurs crêtes garnies de barrières. Le parlement anglais a introduit dans les bills les plus récents une clause, qui fixe la pente des chemins relevés à $0^m.03$ pour les routes à barrières, et à $0^m.05$ pour les routes secondaires.

La traversée des routes a presque toujours lieu au-dessus du railway, et celle des canaux, si nombreux en Angleterre, au-dessous.

L'arrivée dans les villes a lieu ordinairement, soit en tranchée et souterrain, comme l'entrée à Londres du chemin de Birmingham, et à Liverpool des chemins de Londres et de Manchester réunis, soit en viaducs sur de très-grandes longueurs, comme l'entrée à Birmingham du chemin de Londres, et à Dublin de celui de Kingstown. On sait que les petits chemins de Greenwich et de Blackwall qui pénètrent jusqu'au centre de Londres sont tout entiers sur arcades; mais les travaux les plus gigantesques en ce genre sont sans contredit ceux qui ont été récemment exécutés à Manchester pour la traversée du chemin de Bolton et pour la nouvelle entrée du chemin de Liverpool; il serait impossible de décrire tous les ponts en fonte et les séries d'arcades en briques qui franchissent les rues, les rivières, les canaux; un atlas volumineux serait nécessaire pour en donner une idée; on y verrait surtout avec intérêt cette immense galerie de doubles colonnes en fonte de style égyptien, qui supportent au moyen de plates-bandes en fonte de petites voûtes en

briques très-surbaissées sur lesquelles repose le ballast du railway.

Nous devons ajouter, en terminant cet article, que les énormes dépenses qu'entraînent des travaux semblables ne paraissent pas toujours suffisamment motivées par leur résultat utile; et que les lignes dont le faible revenu ne pouvait pas réparer des prodigalités peu réfléchies, ont vu se ruiner ainsi les compagnies fondatrices.

2° VOIE DE FER.

10. *Ballast et supports.* — On emploie pour le ballast le sable souvent argileux qui provient des tranchées, et quelquefois la pierre cassée qui est moins convenable; dans les terrains humides, on fait pour l'asséchement et la consolidation de la voie un usage très-avantageux d'une couche inférieure en forts matériaux.

Le choix des éléments de la voie paraît généralement arrêté en Angleterre; les longrines sont rares, et nous avons vu sur plusieurs lignes les dés remplacés par les traverses; ce dernier système est de beaucoup le plus répandu. Les dés continuent cependant d'être employés dans les pays où l'on peut se procurer sur place de forts blocs de pierre, comme dans les comtés du nord où domine le grès rouge; mais dans ces pays même, les traverses sont toujours employées de préférence sur les remblais et les dés dans les tranchées qui fournissent souvent les matériaux nécessaires. Cette distinction s'explique aisément, lorsqu'on observe les caractères spéciaux des deux genres de pose, quant à la manière de les établir et de les entretenir.

11. *Pose sur dés.* — La pose sur dés par sa nature même ne peut dans l'entretien journalier se redresser aisément, soit dans le sens vertical, soit dans le sens horizontal; on doit donc s'attacher à la fixer d'abord avec

une grande stabilité ; aussi, dans ce cas seulement, le ballast en pierres cassées nous a paru d'un emploi avantageux; ces gros matériaux donnent à la pose une assiette solide, et leur mobilité est contenue par la masse des dés, dont la base n'a en général pas moins de $0^m.60$ sur $0^m.80$ et qui sont posés diagonalement de manière à se toucher par les angles opposés.

12. *Pose sur traverses.* — Il n'en est pas de même à l'égard des traverses, lorsqu'on les pose sur de la pierre cassée; comme elles ne peuvent être assises aussi solidement que les dés et qu'elles ne touchent souvent que par un petit nombre de points un sol peu adhérent et privé d'élasticité, il arrive qu'elles sont mobiles dans le sens latéral, ce qui produit un effet bien sensible au passage des convois. Cet effet ne se produit pas avec un ballast en sable, sur lequel la traverse porte par toute sa surface; le frottement et l'adhérence du sable ont d'ailleurs une notable influence, comme on s'en assure en observant la moindre fixité d'une voie qui n'est pas garnie de sable jusqu'au-dessus des traverses.

Une nouvelle forme de traverses, en prismes triangulaires rectangles reposant sur l'angle droit, a été employée par M. Cubitt, au chemin de Londres à Douvres. Ces traverses offrent, il est vrai, une plus grande projection horizontale; mais au passage des roues sur les intervalles successifs des rails, elles ne conservent pas assez d'adhérence avec le sol dont elles peuvent se séparer presque sans frottement; la mobilité qui en résulte dans la voie, et qui est favorisée dans quelques parties par la grosseur du ballast, se manifeste pour le voyageur par des oscillations très-marquées dans le sens vertical. Ce système de pose qui exige des pièces de forte dimension et bien équarries, peut offrir de l'économie en Angleterre où l'on emploie le sapin du Nord; mais il ne semble pas destiné à devenir d'une application générale, surtout en France où

l'on aura longtemps encore de l'avantage à préférer le bois de chêne et les pièces moyennes.

13. *Pose sur longrines.* — La pose sur longrines paraît au premier abord présenter l'emploi le plus rationnel du bois; elle jouit d'une très-grande élasticité et demande des rails d'un moindre poids; mais elle a l'inconvénient de faire résister ensemble et de la même manière deux corps d'une élasticité différente, le fer et le bois; en outre il est difficile de prévenir et de réparer les déformations des longrines dans le sens vertical; aussi, éprouve-t-on des vibrations très-notables dans ce sens. Le Great-Western en fournit un exemple; malgré la forte dimension des longrines espacées de 2 mètres d'axe en axe et des traverses qui les unissent de mètre en mètre, la pose a été sensiblement altérée par les lourdes et puissantes machines qui circulent sur ce railway et dont le poids s'élève jusqu'à 20 tonnes. Outre le chemin que nous venons de citer, celui de Manchester à Bolton et les petites lignes de Dublin à Kingstown et de Newcastle à North-Shields sont les seuls exemples que nous ayons à donner de la pose sur longrines; les ingénieurs anglais, à très-peu d'exceptions près, s'accordent à rejeter cette pose en raison de la difficulté qu'oppose à son remaniement la solidarité nécessaire des éléments qui la composent.

14. *Préparation des bois.* — Sur la plupart des railways que nous avons parcourus, les bois employés et notamment les longrines, sont kyanisés, c'est-à-dire préparés au sublimé corrosif; quoiqu'ils soient à découvert sur plusieurs lignes depuis sept ou huit ans, à Kingstown et à North-Shields par exemple, ils ne paraissent pas avoir subi d'altération grave. Sur quelques lignes, on a fait passer les traverses par un bain de goudron ou de sulfate de cuivre, comme au chemin de Rouen, mais ce dernier procédé a l'inconvénient de faire fendre le bois.

15. *Rails et coussinets.* — Avec les longrines, on emploie

le plus souvent les rails à oreilles du poids de 18 à 25 kilogrammes, fixés directement par des chevilles en fer : tel est le rail du Great-Western; au contraire, le chemin de Dublin à Kingstown a des rails ordinaires et des coussinets à large base.

Avec les dés et les traverses on préfère généralement le rail symétrique à double champignon, avec coussinets courts et coins en bois ; sur les lignes du nord de l'Angleterre, on voit ce rail symétrique se substituer progressivement au rail à simple champignon avec coin en fer.

Les rails adoptés sur les lignes principales, Londres à Birmingham, Grand-Junction, Liverpool à Manchester, etc., ont moyennement $0^m.125$ de hauteur et $0^m.060$ à $0^m.067$ de table avec un léger bombement de $0^m.0015$ à $0^m.002$. Le nouveau rail du chemin de Carlisle à Newcastle dont le bombement est beaucoup plus considérable, $0^m.007$, présente une exception qui du reste n'a pas obtenu l'approbation des ingénieurs.

Quelques lignes, à l'exemple du chemin de Douvres dont la construction parfaitement étudiée fait autorité en Angleterre, ont adopté un rail qui n'est pas symétrique et dont le champignon inférieur est un peu moins large avec une base exactement plane; ce rail a plus de stabilité, mais il doit être plus difficile à régler.

Le coussinet, préparé pour le recevoir, est le seul qui diffère sensiblement des coussinets employés sur nos chemins de fer : il porte en outre une saillie dont le rebord maintient le rail verticalement, mais qui ne paraît pas avoir plus d'efficacité que la courbure des coussinets ordinaires. Sur la même ligne, les chevilles en fer ont été remplacées par des chevilles en bois comprimé qu'on a eu soin de ne pas placer sur le même axe pour éviter de fendre le bois : ce procédé est considéré comme satisfaisant et économique. Le chemin de la Loire présente dans certaines parties une pose mixte sur dés et traverses, où le

même coussinet reçoit des chevilles en fer et en bois ; ces dernières, qu'on n'a pas pris la précaution de comprimer, font cependant un bon usage, lorsqu'elles sont fixées dans des traverses de chêne et qu'elles n'ont pas été altérées par le chassement, de manière à laisser pénétrer l'humidité; une expérience de dix années a montré qu'elles peuvent durer alors aussi longtemps que les traverses elles-mêmes.

16. *Coins.* — Les coins en bois comprimé sont employés avec les coussinets courts sur un grand nombre de chemins anglais; mais en raison de leur section uniforme et de leur faible longueur, qui rendent difficile de les chasser de nouveau, ils n'ont pas une supériorité marquée sur les longs coins coniques en bois non comprimé qu'on emploie en France, autant du moins qu'on en peut juger par la mobilité relative des rails et surtout des joints au passage des convois. L'emploi des coins en fer et en fonte est en ce moment l'objet des études de plusieurs ingénieurs anglais, mais ils n'ont pas encore obtenu de résultats décisifs.

17. *Aiguilles.* — Nous avons observé un très-grand nombre d'aiguilles pour changement de voies; la plupart sont mues par des excentriques qui fixent la position du rail au moyen de trous placés sur un quart de cercle. On remarque sur quelques lignes des aiguilles mobiles, comme en France; sur d'autres, l'aiguille est fixe et le changement se fait par le contre-rail; nous n'avons pas constaté que l'un de ces systèmes fût plus généralement adopté; seulement on préfère les excentriques avec disque indicateur de leur position, aux excentriques à contre-poids soutenus par les gardiens au passage des convois.

18. *Barrières.* — La clôture, ainsi que nous l'avons déjà dit, est l'objet de soins particuliers de la part des compagnies de chemins de fer; indépendamment des haies qui ne suffiraient pas pour éloigner le bétail et le gibier, si nombreux en Angleterre, il y a presque toujours une

forte barrière en bois de $1^m.00$ à $1^m.50$ de hauteur, formée de montants verticaux réunis par 2,3 ou 4 lisses horizontales; dans les pays calcaires et de grès rouge, des murs bien construits en pierres sèches, remplacent les barrières. Le chemin de Dublin à Kingstown, qui sur presque toute sa longueur côtoie la mer, est bordé de ce côté de parapets en maçonnerie, soit de granit, soit de calcaire carbonifère, avec un large trottoir sur lequel est établi le télégraphe électrique; de l'autre côté, le chemin est séparé des rues et des jardins de Kingstown, qui s'étendent jusqu'aux portes de Dublin, par d'élégantes grilles en fer posées sur un socle en granit; dans les parties en déblais, de grands murs verticaux également en granit, soutiennent le flanc du talus partout cultivé ou planté, et souvent couronné de belles constructions : enfin, sur quelques points le railway traverse un bras de mer, et forme ainsi une sorte d'étang dont il est défendu par un perré surmonté d'un bourrelet. Sur le chemin de Douvres à Folkstone, qui côtoie aussi la mer, les parapets sont tantôt en pierre, tantôt simplement en bois.

3° STATIONS.

19. *Stations de premier ordre.* — Les Anglais ont donné à leurs stations le comfort qui caractérise leurs habitations et tous leurs édifices; elles sont, de même que les autres travaux, largement établies; et, comme nous l'avons déjà dit, de grandes dépenses ont été faites sur toutes les lignes pour les conduire jusque dans l'intérieur des villes ou du moins dans leur voisinage immédiat.

Dans les villes principales, aux extrémités et aux croisements des chemins, on a quelquefois déployé un grand luxe de décoration extérieure; mais l'aspect des embarcadères principaux étonne surtout par le développement de leurs façades et l'étendue de leurs dépendances.

Les gares sont partout latérales aux bureaux et salles

d'attente, comme au chemin d'Orléans, et présentent de larges trottoirs avec six ou huit voies, couvertes par d'élégantes charpentes en fer et fonte. La hardiesse, la légèreté, l'étendue de ces charpentes est ce qui frappe d'abord, lorsqu'on entre dans une station comme celles de Derby, de Manchester, de Birmingham, etc. La gare, c'est-à-dire l'espace occupé par les trottoirs et les voies de chargement, a dans ces stations de 200 à 300 mètres de longueur sur 25 à 30 mètres de largeur; il y a dans cette largeur, soit deux grandes fermes, soit trois de dimensions inégales; les portées varient de 4 à 6 mètres, et de 14 à 18 mètres. Le type le plus ordinaire de ces fermes se compose de deux arbalétriers en fonte avec un tirant en fer qui soutient deux demi-entraits légèrement inclinés et également en fer; dans les grandes fermes, on fortifie chacun des deux triangles compris entre les pièces principales par des tiges verticales en fer et des contre-fiches inclinées en fonte, qui forment ainsi une série de triangles décroissants : telles sont les charpentes des stations de Dublin, de Manchester, de York, de Derby, de Liverpool, gare de marchandises; cette dernière a 88 mètres de longueur sur 15 mètres de largeur, les fermes sont d'une seule portée et au nombre de 41. Dans tous les cas, les fermes reposent sur des arcs en fonte, soutenus de 4 en 4 ou de 5 en 5 fermes par des colonnes aussi en fonte; elles sont reliées soit par des contrevents diagonaux, soit par des entretoises longitudinales en fer qui les rendent toutes parfaitement solidaires. La station de Douvres, l'une des stations de Birmingham et celle de Leeds offrent une disposition des fermes plus élégante encore; il n'y a point de tirants verticaux; chacun des arbalétriers forme la base d'un triangle isocèle très-obtusangle dont les deux autres côtés sont des barres en fer; les sommets des deux triangles ainsi formés sont reliés au milieu des arbalétriers par une pièce en fonte, et unis entre eux par un entrait hori-

zontal en fer. La ferme de Douvres a $13^{m}.75$ de portée, et 8 tonnes 1/2 de charge; la gare entière a 185 mètres de longueur sur $27^{m}.50$ de largeur; le poids total de la charpente est de 800 tonnes, dont 600 pour le fer, la fonte, le bois, et 200 pour la couverture en ardoise. Enfin, il faut citer les stations de Bath et de Bristol sur le Great-Western, dont la ferme qui couvre quatre voies se compose simplement de deux arbalétriers en bois armé, soutenus par des consoles et reliés d'une ferme à l'autre par plusieurs longrines; et la gare de Chester, dont la ferme offre un système de bois et fer, semblable à celui de la plus grande partie des docks de Liverpool.

Les voies d'arrivée sont distinctes des voies de départ dans les stations situées à des points de rebroussement, comme dans celles que le railway traverse. Il y a en outre dans toutes les grandes villes des cours ou chaussées latérales, pavées, couvertes et attenant au trottoir même de débarquement, en sorte qu'on peut sans sortir de la gare monter dans les voitures, les omnibus, les diligences qui attendent l'arrivée des convois; c'est surtout à Londres, quand on y entre par les chemins de Douvres ou de Birmingham, que l'on apprécie cette disposition commode.

La vaste étendue des gares, la multiplicité des voies, la distribution habile des plates-formes tournantes rendent prompt et facile l'arrangement des convois; les voitures et chaises de poste qu'on transporte en assez grand nombre sur des trucks, viennent se placer à la suite des waggons, au fur et à mesure de leur arrivée; cette opération se fait à couvert et de manière à éviter les retards et les fausses manœuvres, dont nous avons été témoins à la gare de Rouen pour le placement des diligences du Hâvre et de Dieppe.

20. *Stations de second ordre.* — Les stations de second ordre, aux abords ou à l'intérieur des villes intermédiaires ou aux embranchements de chemins, se composent géné-

ralement de constructions distinctes de chaque côté de la voie, avec voie de dérive et trottoir couvert pour les convois montants et descendants. Quelquefois un pont transversal établit une communication au-dessus des rails entre les deux groupes de bâtiments. On voit des exemples remarquables de ce genre de station à Normanton près de Leeds, où se réunissent les chemins de cette ville à Manchester et à Birmingham, et à Swindon sur le Great-Western.

Dans les gares de second ordre qui se trouvent vers le milieu des grandes lignes du Great-Western, de Londres à Birmingham, etc., et dans les villes importantes qui exigent un stationnement de quelques minutes, on trouve des restaurants dans lesquels les voyageurs peuvent prendre des aliments légers ou substantiels, chauds ou froids, pendant l'intervalle réglé pour les arrêts ou les jonctions de convois.

21. *Stations de troisième ordre.* — Les stations de troisième ordre sont de petits bâtiments d'une architecture élégante, et fort bien construits; les trottoirs qui les bordent sont protégés sur la plupart des lignes par un appentis en prolongement de la toiture, qui permet aux voyageurs de monter et de descendre à couvert. Sous ce rapport, les chemins anglais offrent une grande supériorité sur les chemins de France et surtout sur ceux de Belgique.

22. *Stations de marchandises.* — Les gares de marchandises sont en général entièrement distinctes des stations de voyageurs, ces deux services se faisant d'une manière tout à fait indépendante. Aux extrémités des lignes où la circulation est importante, à Liverpool, à Londres, à Birmingham, les stations de marchandises ont une grande étendue, et sont disposées pour que la compagnie puisse louer à différents commissionnaires des locaux séparés, qui se ferment tant du côté des voies de terre que

du côté de la voie de fer par de grandes portes à coulisses. Dans tous ces locaux, les quais qui longent la voie sont munis de grues d'une construction simple et commode, pour le chargement et le déchargement des marchandises. Dans quelques stations moins importantes nous avons remarqué, sur les voies de dérive, des grues montées sur chariots, qui servent principalement pour le chargement des métaux et autres marchandises lourdes.

A Liverpool, la voie de fer part du bord de ces docks immenses, où se fait le plus grand commerce maritime après celui de Londres, et en longe une partie, de manière à recevoir sans transport les marchandises débarquées sous les hangars. Le railway s'enfonce ensuite dans une tranchée qui devient de plus en plus élevée, jusqu'à l'entrée du premier souterrain; sur les deux bords de la tranchée règnent des magasins à plusieurs étages, où les marchandises arrivent par les rues latérales; de ces magasins qui s'étendent bientôt au-dessus de la voie, les colis descendent au moyen de transmissions spéciales du mouvement d'une machine à vapeur. Les convois, ainsi complétés, traversent en souterrain la ville entière, tandis que, de la station principale située au centre de Liverpool sur une place élevée, les convois de voyageurs s'enfonçent dans un autre souterrain pour aller rejoindre la même voie dans la campagne.

Les gares de marchandises de Birmingham n'offrent pas de travaux aussi considérables, mais elles ont peut-être plus d'étendue encore; et l'on en juge aisément lorsque l'on voit l'une d'elles, séparée de la station des voyageurs par une rue populeuse, exiger l'usage de quatre voies à niveau en travers de cette rue.

La description détaillée des principales stations anglaises, avec toutes leurs dépendances, serait d'une véritable utilité pour la partie la plus difficile peut-être de l'établissement des railways; nous n'avons pu dans ces

notes succinctes qu'indiquer quelques points, qu'il eût peut-être été indispensable d'éclaircir par le dessin. En résumant nos impressions, nous dirons que le plus grand nombre des stations anglaises nous ont paru offrir, pour les voyageurs et pour les marchandises, beaucoup plus de facilités que les stations belges et françaises, à peu d'exceptions près; que le service en lui-même semble sujet à moins d'embarras et de lenteurs; et que ces avantages sont dus bien moins à la plus grande dépense des constructions, qu'à leurs dispositions mieux combinées sur un espace plus étendu.

4° MATÉRIEL.

23. *Locomotives.* — La construction plus ou moins parfaite des locomotives exerce sur les dépenses courantes et sur les conditions du service une si grande influence, qu'on cherche et qu'on parvient chaque jour par des améliorations de détails, soit à augmenter la puissance de ces machines, soit à diminuer leur consommation en combustible.

Les chemins ouverts depuis plusieurs années se trouvent dans la nécessité d'employer les machines acquises à l'époque de leur établissement; aussi avons-nous observé qu'elles ont une grande variété de formes et de dimensions; mais la description de dispositions ou très-connues ou déjà abandonnées offrirait peu d'intérêt pratique. Nous nous bornerons à faire connaître plus loin l'influence de l'emploi des machines anciennes sur les frais d'exploitation, et nous parlerons seulement ici des locomotives que l'on préfère généralement aujourd'hui.

M. Stephenson et MM. R. et W. Hawthorn, dont nous avons visité avec beaucoup d'attention les beaux ateliers de Newcastle et qui sont, avec MM. Sharp et Roberts de Manchester, les constructeurs les plus habiles de l'Angleterre, ont complétement adopté les longues machines

à chaudières de $3^m.60$, à $4^m.00$ qui ont les six roues entre la boîte à feu et la boîte à fumée.

M. Stephenson construit, suivant les commandes, des machines à cylindres intérieurs ou extérieurs; mais il préfère ce dernier système qui permet de remplacer l'essieu coudé par un essieu droit. Il place le châssis en dedans des roues et le centre de gravité un peu en arrière de l'essieu moteur du milieu. Il continue à employer pour la distribution de la vapeur son appareil patenté dont les variations de mouvement sont très-compliquées, quoique la construction en soit fort simple. Ce mécanisme ne permet pas de varier la détente dans des limites étendues et d'en retirer de grands avantages, sans augmenter notablement les contre-pressions et les pertes dues à un échappement anticipé.

MM. Hawthorn appliquent aux machines qu'ils construisent actuellement un appareil particulier de détente, où l'on règle l'expansion en recouvrant plus ou moins les lumières au moyen d'un second tiroir à course variable; cet appareil, qui n'a d'effet que pour la marche en avant, paraît donner de fort bons résultats, notamment sur le chemin d'Édimbourg à Glasgow. Ces fabricants construisent la plupart de leurs machines avec essieu coudé et cylindres intérieurs, en plaçant le châssis extérieurement et le centre de gravité sur l'axe des roues motrices du milieu; ils donnent la préférence à ce système contrairement à l'opinion de M. Stephenson, toutefois ils construisent aussi des locomotives à essieu droit et cylindres extérieurs, quand la demande leur en est faite.

Les dimensions adoptées par les constructeurs anglais pour les machines de voyageurs sont les suivantes : diamètre du cylindre, $0^m.35$; course du piston, $0^m.50$ à $0^m.55$; diamètre des petites roues, $1^m.10$; et diamètre des roues motrices, $1^m.66$ à $1^m.80$.

Pour les machines de marchandises, les roues couplées

n'ont que $1^m.20$ à $1^m.30$, et les cylindres ont jusqu'à $0^m.38$ et $0^m.40$ de diamètre avec la même course de 0.50 à 0.55.

Avec ces nouvelles machines qui pèsent de 16 à 20 tonnes en charge, et qu'on approprie à différentes destinations en couplant convenablement les roues, on peut remorquer de lourds convois à la vitesse de 10 lieues à l'heure sur des pentes de $0^m.010$ à $0^m.012$, sans un excédant de dépenses trop considérable.

On aurait tort de croire que les constructeurs français sont restés en arrière de ces améliorations; s'ils fournissent encore des machines à courtes chaudières et à détentes fixes, c'est que ce système était celui de l'époque à laquelle les machines ont été commandées. Les locomotives construites par M. Meyer de Mulhouse, soit à cylindres extérieurs, soit à essieu coudé, ont produit par l'application de la détente variable due à ce mécanicien, une économie de combustible que n'ont pu atteindre les meilleures machines de Stephenson; elles ont l'avantage important de démarer plus facilement que les machines où la détente se fait par recouvrement des lumières, et de pouvoir varier leur puissance dans des limites beaucoup plus étendues. Les ateliers de MM. Kœchlin et compagnie, à Mulhouse, fournissent aujourd'hui des locomotives qui ne le cèdent en rien à celles de Meyer. La compagnie du chemin de fer de la Loire a dressé en 1843 le cahier des charges pour la construction de quatre petites machines à cylindres extérieurs, qui s'exécutent en ce moment dans les ateliers du Creuzot: ces machines, destinées à faire le transport de houille et de marchandises à petite vitesse, mais sur des pentes de $0^m.01$ et des courbes de 200 mètres de rayon, auront six roues avec $2^m.40$ d'espacement entre les essieux extrêmes et de longues chaudières de 3 mètres; elles seront munies d'un appareil indépendant de détente, qui permet de varier l'introduction d'une manière continue de 3/10 à 8/10 de la course et qui laisse l'échappement toujours libre.

24. *Voitures.* — Le matériel des voitures n'a pas subi de modifications importantes. Les diligences de 1re classe sont garnies d'une manière confortable et contiennent par rang trois places seulement, séparées en larges stalles ou fauteuils.

Celles de 2e classe sont presque partout couvertes, mais non garnies ni fermées latéralement; elles sont fort incommodes à cause du courant d'air dû à la vitesse de marche. Sur le chemin de Dublin à Kingstown, il y a, au choix des voyageurs, des voitures de 2e classe fermées; nous en avons vu aussi sur le chemin de Londres à Birmingham, mais pour les convois de nuit seulement et à un prix plus élevé que les voitures ouvertes de jour.

Les voitures de 3e classe sont découvertes et présentent une grande variété dans la disposition des bancs; quelquefois il n'y a pas même de bancs et les voyageurs sont entassés debout dans le waggon : il en est ainsi sur le chemin de Leeds à Manchester, ce qui frappe d'autant plus que les voitures de 2e classe sont fermées, et que les coupés à quatre places de 1re classe sont garnis d'acajou, de velours et de riches tapis.

Les waggons pour bagages, articles de messageries et marchandises autres que la houille, les métaux, les pierres, etc., sont fermés ou couverts; sur plusieurs lignes, les faces antérieure et postérieure de ces waggons sont terminées vers le haut en forme circulaire, de manière à permettre de les bâcher facilement et de les charger d'un volume considérable.

Les waggons pour animaux sont très-bien construits, entièrement couverts et fermés à coulisses, ce qui prévient toute chance d'accident : on se sert sur le chemin de Londres à Birmingham pour le transport des moutons, de waggons à deux étages qui en contiennent un très-grand nombre.

Enfin, nous avons remarqué la distribution commode

des diligences pour le service de la poste, dont l'intérieur forme un bureau spacieux où se fait pendant le trajet le classement des lettres.

Toutes ces voitures sont convenablement suspendues au moyen de tampons doubles agissant sur de grands ressorts; on a surtout mis beaucoup de soin à la bonne suspension des waggons pour animaux, et des voitures pour marchandises qui font partie des convois à vitesse de voyageurs. L'appareil d'attelage des voitures entre elles est également fort bien exécuté, et les tampons que l'on peut rapprocher au moyen de vis, ont pour effet de neutraliser en partie le mouvement de lacet, qui cependant est encore très-sensible sur quelques lignes.

5° LOCOMOTION.

25. *Courbes.* — Nous avons renvoyé à l'article *Locomotion* l'examen des questions générales dont la solution dépend essentiellement du service auquel les chemins de fer sont destinés, et des moyens de traction dont on peut disposer : telle est en première ligne la question des pentes, sur laquelle de nombreuses expériences permettent aujourd'hui de porter un jugement raisonné; nous dirons seulement quelques mots de la question des courbes, qui n'a pas aux yeux des constructeurs la même importance, ou qui du moins a donné lieu à beaucoup moins de discussions.

Les constructeurs anglais, qui ont tant fait pour augmenter la puissance des locomotives, ne paraissent pas s'être occupés de rechercher des systèmes propres à faire tourner les convois dans des courbes à faible rayon; ils en ont probablement été détournés par l'augmentation des frais d'entretien et de traction inhérente à ces systèmes, et plus encore par les dangers que les courbes à faible rayon, lors même que toute chance de déraile-

ment pourrait être éloignée, présenteront toujours en exposant à des chocs les convois qui ne peuvent s'apercevoir de loin dans les tracés sinueux.

Dans tous les tracés récents des railways anglais, on a évité avec soin les courbes à petit rayon qui ont le grave inconvénient, outre l'augmentation de résistance, de produire, lorsqu'on y marche à grande vitesse, des réactions fort désagréables pour les voyageurs et dangereuses pour la solidité des voitures. Ces effets ont lieu quel que soit le mode de traction employé : les locomotives d'une construction nouvelle présentent assez de stabilité par leur poids, pour n'être pas plus exposées au déraillement que les waggons remorqués par un câble ou par le piston d'un tube atmosphérique ; mais le mouvement dans les courbes produit toujours une altération sensible dans les plaques de garde, les essieux et les roues des machines.

De tous les faits observés en Angleterre, nous sommes portés à conclure que sur les chemins à petite vitesse on peut admettre des rayons de 300 à 400 mètres ; mais qu'il sera toujours convenable dans les railways de voyageurs de fixer un minimum de 600 mètres. Si dans ce dernier cas quelque accident de terrain ou quelque autre obstacle obligeait de tracer sur certains points des courbes d'un moindre rayon, il deviendrait prudent de s'astreindre à ralentir très-notablement la marche au passage de ces courbes exceptionnelles.

26. *Pentes.* — Si la question des courbes présente une solution facile et générale, il n'en est pas de même de la question des pentes sur laquelle il existe des opinions très-diverses, dont la plupart résultent de recherches théoriques ; aussi l'avons-nous étudiée avec un grand soin et surtout au point de vue de l'économie d'exploitation. Nous avons cru reconnaître qu'à ce point de vue l'influence des pentes était dans la pratique beaucoup plus restreinte

qu'on ne le suppose généralement, nous avons en conséquence cherché à en apprécier les limites avec quelque exactitude.

Dans l'état actuel des chemins de fer, on peut observer chez les constructeurs une tendance universelle à augmenter la résistance de la voie, en employant de forts rails capables de porter de lourdes et puissantes machines. Ces machines peuvent alors effectuer un travail plus considérable que celui des transports ordinaires, ce qui offre beaucoup plus de garantie sous le double rapport de la sécurité et de la régularité du service. Ainsi, les machines à six roues, pesant 15 à 18 tonnes, permettent de remorquer facilement les convois ordinaires de huit à dix voitures à la vitesse de 40 à 50 kilomètres à l'heure sur des pentes de $0^m.008$ à $0^m.010$.

La pente de $0^m.008$ n'étant pas dépassée sur la plupart des railways anglais et les convois étant rarement à pleine charge, ce n'est que sur deux ou trois lignes très-fréquentées, comme le Great-Western où l'on rencontre quelques pentes de $0^m.01$ à $0^m.012$, que l'on est obligé d'employer des machines de renfort lorsque les convois dépassent leur poids ordinaire. Il importe d'ailleurs de remarquer que, sur ces grandes lignes, les abondants transports de marchandises ont limité le nombre des départs de voyageurs, et que partout les compagnies ont cru avoir intérêt à multiplier assez les trains pour qu'ils ne se composent pas de plus de huit à dix voitures de voyageurs. Pour le mouvement des marchandises, l'influence des rampes n'offre pas plus d'inconvénient, et l'on construit aujourd'hui des machines spéciales à roues couplées qui peuvent franchir des pentes de $0^m.01$ avec des convois pesant jusqu'à 100 tonnes.

Il résulte de ce qui précède que, dans les limites admises par les ingénieurs anglais, les rampes n'apportent pas d'obstacle sérieux au service des locomotives; il suffit

donc de se rendre compte d'autre part de l'augmentation de dépenses en combustible par kilomètre parcouru sur différentes inclinaisons.

27. *Influence des pentes sur les frais de traction.* — Il a été fait à ce sujet des expériences nombreuses et exactes; nous devons la communication de leurs résultats comparatifs à l'obligeance de M. Ch. Vignoles, qui les a recueillis et vérifiés avec beaucoup de soin.

Dépenses de combustible par kilomètre parcouru sur différentes pentes pour des convois ordinaires de huit à dix voitures.

DÉSIGNATION des rampes.	REMONTE.	DESCENTE.	MOYENNE.
	kilog.	kilog.	kilog.
0.000	7.05	8.05	7.050
0.0025	8.45	6.40	7.425
0.0035	9.85	5.50	7.675
0.00625	12.70	4.23	8.465
0.008	14.65	3.66	9.155
0.0083	15.10	3.50	9.600
0.0100	16.90	3.16	10.030
0.0105	17.50	3.04	10.270

On voit par ce tableau que l'existence de quelques rampes sur un chemin de fer n'a pas une influence importante sur la dépense; si on comparait l'excédant annuel à l'intérêt du capital nécessaire, dans certains cas, pour s'astreindre à un maximum de pente très-faible, on trouverait que tout compte fait, il y aurait généralement avantage, au point de vue économique, à ne pas abaisser le maximum des pentes au-dessous de $0^m.008$ à $0^m.010$.

Nous pensons d'ailleurs, qu'en mettant à profit l'expérience acquise aujourd'hui, on reconnaîtrait que des rampes de cette nature sont moins dangereuses et moins dispendieuses en exploitation, que de trop longs percements ou que des tranchées dans des terrains mouvants, contre les glissements desquels il est plus difficile de prendre des précautions efficaces que contre l'accélération des convois par la gravité.

Nous devons ajouter que les expériences précitées ont été faites avec des machines à faible détente fixe par recouvrement; et que, lorsque l'usage des machines à détente variable, telles qu'on les construit actuellement en France et en Allemagne, sera plus répandu, l'influence des rampes diminuera encore par suite de l'économie que produira l'emploi toujours utilement réglé de la vapeur, et des limites très-étendues dans lesquelles pourra varier la puissance de la machine.

28. *Influence des machines sur les frais de traction.* — Plusieurs causes indépendantes du tracé des chemins de fer ont de l'influence sur la quotité des frais de traction; celles qui nous ont paru en avoir le plus, sont le prix relatif du combustible, la difficulté pratique de régler la charge des trains, la vitesse de marche obtenue et surtout l'époque et le mode de construction des locomotives.

Si l'on tient compte dans une juste proportion de ces diverses causes, on sera moins étonné, en comparant les dépenses de locomotion sur les chemins anglais, de reconnaître que les lignes où les dépenses sont les plus fortes se trouvent parmi celles où le maximum de pente est le plus faible, et que les dépenses semblent au contraire s'abaisser progressivement sur les lignes où le maximum de pente va en s'élevant. Ce fait, évidemment contraire à ce qui, toutes choses égales d'ailleurs, devrait avoir lieu, et que ne motive pas suffisamment les différences de vitesse et d'importance des trains, peut s'expliquer d'une manière très-simple. Les chemins à faible pente ont été construits les premiers, et le maximum des rampes admises a été successivement élevé à $0^m.005$, $0^m.006$, $0^m.008$ et $0^m.010$, de telle sorte qu'en tenant compte du frottement et de la résistance de l'air pour les vitesses usuelles, la résistance totale ne s'est réellement accrue que d'environ moitié et sur quelques points seulement. D'un autre côté, si l'on

suit les modifications qu'on apportait en même temps aux machines locomotives, on voit que leur surface de chauffe, qui représente assez exactement leur puissance et qui en 1836 était de 28 mètres quarrés, a été successivement portée à 40, 50 et 60 mètres, et atteint maintenant 70 à 80 mètres. On reconnaît donc que la progression dans la puissance des locomotives a été beaucoup plus grande que dans le maximum de résistance admis. Il faut ajouter que, tandis que la puissance des machines s'est accrue, le meilleur emploi de la vapeur et du combustible a permis d'abaisser la consommation dans la proportion considérable de 12 à 6 kilogrammes par kilomètre de marche.

Il devait donc résulter des perfectionnements importants introduits en peu d'années dans la construction des locomotives, que les chemins à faible pente dont l'établissement remonte à une époque plus éloignée et dont le matériel date de cette époque, ne présentent pas d'économie; et il est facile de comprendre comment l'on obtient chaque jour des réductions sur les frais de traction, quoiqu'on soit moins sévère pour les conditions de tracés.

Comme exemple, nous citerons le chemin de Londres à Birmingham dont les pentes les plus fortes sont de $0^{m}.003$; de tous les railways anglais, c'est celui qui fait le plus souvent usage de deux machines couplées par convoi, ce qui tient en grande partie à l'emploi de petites locomotives, système Bury, à quatre roues et à cylindre de $0^{m}.30$ de diamètre, construites pour la plupart en 1837. Le tonnage moyen pour des trains de voyageurs de quatorze voitures, remorqués par deux locomotives, ne dépasse pas le tonnage des convois ordinaires sur les autres lignes, et cependant nous avons remarqué un ralentissement très-notable sur les rampes de $0^{m}.003$, où la vitesse de marche descendait à 30 kilomètres à l'heure, de 50 kilomètres qu'elle était sur niveau. De même, les convois de marchandises

de trente-quatre waggons forment la charge complète de deux machines Bury, tandis qu'une locomotive d'une construction récente et appropriée à ce genre de transport peut facilement remorquer seule une charge semblable.

On conçoit d'après cela comment le chemin de Birmingham à Londres est en même temps celui dont les pentes sont les plus faibles et dont les dépenses d'exploitation sont les plus élevées, car ces dépenses par train et par kilomètre dépassent, malgré la fréquence des voyages, la moyenne des chemins anglais de plus de 40 pour 100.

29. *Frais d'exploitation des chemins anglais.* — Nous donnerons ici le tableau moyen des divers articles de dépenses des chemins anglais, d'après des renseignements exacts puisés dans les nombreux documents que fournissent les comptes des compagnies.

On comprend, sous la désignation de pouvoir locomotif, toutes les dépenses spécialement afférentes au moteur, savoir : la fourniture de combustible, le salaire des chauffeurs et mécaniciens, le graissage et l'entretien des locomotives et tenders.

Dépenses moyennes des chemins anglais par train, et par mille ou kilomètre parcouru.

DÉSIGNATION DES DÉPENSES.	DÉPENSES PAR TRAIN.	
	Par mille.	Par kilomètre.
	pence.	fr.
Pouvoir locomotif.	10	0.65
Entretien des voitures.	6	0.39
Entretien de la voie.	8	0.52
Personnel et police.	5	0.325
Impôts, taxes, etc.	8	0.52
Frais divers.	3	0.195
Totaux.	40	2.60

Plusieurs chemins présentent des dépenses plus faibles encore et nous pensons qu'en France on parviendra à un chiffre analogue, car si les matières premières y sont plus

chères, le prix de la main-d'œuvre, par compensation, est beaucoup moins élevé.

Le prix moyen du coke, en Angleterre, est d'environ 28 fr. la tonne de 1 000 kilogrammes. Sur les chemins de Newcastle à North-Shields, de Newcastle à Carlisle, où le coke ne coûte que 15 à 17 fr. la tonne, le pouvoir locomotif ne revient pas à plus de $0^{fr.}.42$ à $0^{fr.}.45$ par kilomètre parcouru par train, soit de voyageurs, soit de marchandises, houille, etc. Le chemin de Dublin à Kingstown, qui a des départs chaque demi-heure dans les deux sens et qui est très-bien exploité, n'a dépensé en 1843 que $0^{fr.}.72$ par kilomètre et par train, pour l'entretien de la voie et des voitures et pour le pouvoir locomotif y compris la construction de trois locomotives nouvelles.

30. *Plans inclinés.* — Avant que la construction des locomotives eût atteint son degré actuel de perfectionnement, on employait sur plusieurs chemins de fer, pour franchir les rampes de $0^{m}.10$ et au-dessus, des machines fixes très-dispendieuses d'établissement et d'exploitation; aujourd'hui, sur le chemin de Glocester à Birmingham, le service du plan incliné de Likey, où la pente est de $0^{m}.027$, se fait au moyen de locomotives, sans accidents et sans frais. On construit en ce moment à Newcastle des locomotives à six roues couplées, qui sont destinées à fonctionner sur des pentes de $0^{m}.030$ à $0^{m}.033$.

Il doit donc être admis maintenant que les machines fixes ne sont applicables qu'à des localités exceptionnelles dont les rampes dépassent $0^{m}.03$ à $0^{m}.04$, ou à des chemins très-courts comme les embranchements qui relient les puits de mines aux lignes voisines, ou bien encore aux abords et dans l'intérieur des villes.

Nous avons vu aux environs de Newcastle un grand nombre de ces petits chemins de mines; les rails sont faibles, les poulies sont généralement en fer; le câble qui

s'enroule sur un cylindre unique est tantôt en chanvre, tantôt en fer; ce dernier système finira certainement par prévaloir, car les câbles en fil de fer pèsent et coûtent environ moitié moins que les câbles en chanvre; plus homogènes dans leur texture, ils sont plus élastiques et par conséquent moins sujets aux ruptures. On emploie sur le chemin de la Loire depuis dix-huit mois un câble de 2 300 mètres de longueur et de $0^{m}.024$ de diamètre, qui pèse $1^{k}.60$ et coûte $3^{fr}.50$ par mètre courant; bien qu'il travaille sous des tensions de 3 000 kilogrammes et qu'il soit quelquefois exposé à des chocs, il n'a donné lieu à aucun accident.

31. *Conditions générales des tracés.* — Nous avons essayé dans ce chapitre d'indiquer, d'après l'expérience pratique, les limites qu'il convient d'assigner en général aux pentes et aux courbes sur les chemins de fer; mais il importe de remarquer que ces limites ne peuvent être posées d'une manière absolue, et doivent suivant les cas être restreintes ou étendues davantage. Il est donc impossible de trancher la question, si souvent débattue, des conditions de tracés qu'on doit considérer comme normales; on ne saurait s'imposer de règle fixe à cet égard, sans tomber souvent dans des dépenses inutiles ou exagérées. Il y a en effet pour chaque ligne, eu égard au sol du pays qu'elle parcourt et à la nature de transports qu'elle doit effectuer, un tracé préférable à tous les autres et qui n'est souvent ni le plus direct, ni le moins accidenté. Les données statistiques sont aujourd'hui assez nombreuses, la science des machines et l'art des constructions sont assez avancés, pour qu'on puisse dans chaque cas particulier calculer d'avance les dépenses d'établissement et d'exploitation d'un railway, et les comparer aux produits du trafic probable déduit de la circulation actuelle par analogie avec les lignes voisines. En faisant cette comparaison pour les différents tracés étudiés et qui passent ordinairement par

quelques points forcés tels que les villes importantes, on arrivera toujours à un choix judicieux et conforme aux intérêts soit du gouvernement, soit de la compagnie chargée de l'entreprise du chemin de fer.

Paris et Roanne, le 12 juin 1844.

N° 130.

RECHERCHES STATISTIQUES

Sur les gisements des calcaires à chaux hydrauliques et à ciments dans les départements de la Marne, de l'Aisne, de l'Oise, de la Seine-Inférieure et de la Seine pendant la campagne de 1844 (*);

Par M. VICAT, Ingénieur en chef directeur des ponts et chaussées.

Ces cinq départements ne comprennent que les formations géologiques les moins favorables à ce genre de recherches ; en effet, le département de la Marne touche à peine par ses frontières de l'est à l'étage inférieur de la craie et de ses limites, à l'ouest jusqu'aux côtes de la Manche, on ne rencontre plus en traversant les départements de l'Aisne et de l'Oise qu'une bande de craie supérieure suivie d'une vaste étendue de dépôts tertiaires de l'étage inférieur, auquel succède dans la Seine-Inférieure l'étage moyen du même système, qui constitue dans ce département presque toutes les sommités au bas desquelles coulent les divers affluents de la Seine et des côtes de l'Océan.

(**) *Voir* les dix autres articles précédemment publiés dans les Annales des ponts et chaussées :

Mémoires et documents, 1834, 1er *semestre*, n° CLXXVI, page 224.
Idem, 1835, 1er *semestre*, n° CCXXXII, page 357.
Idem, 1836, 2e *semestre*, n° CCLXXX, page 129.
Idem, 1837, 2e *semestre*, n° CCCXXVII, page 334.
Idem, 1839, 2e *semestre*, n° CCCLXXXIII, page 227.
Idem, 1840, 1er *semestre*, n° CDVI, page 368.
Idem, 1841, 2e *semestre*, n° 16, page 35.
Idem, 1842, 1er *semestre*, n° 31, page 118.
Idem, 1843, 1er *semestre*, n° 69, page 116.
Idem, 1844, 1er *semestre*, n° 101, page 257.

Sur les rives de ces affluents, se montre généralement la même craie blanche que l'on rencontre dans la partie orientale du département de la Marne.

OBSERVATIONS PARTICULIÈRES SUR CHAQUE DÉPARTEMENT (*).

Nonobstant la pauvreté relative de ces formations en calcaire argileux, MM. les ingénieurs de la Marne en ont trouvé quelques gisements qu'ils ont fait exploiter dans l'intérêt de leurs travaux hydrauliques, savoir : dans le canton et sur la commune de Dormans, et particulièrement dans la commune de Soulange, canton de Vitry-le-Français.

A ces gisements connus il faudra ajouter ceux que l'examen des échantillons recueillis pendant cette campagne, vient de signaler, savoir : dans les cantons de Ville-en-Tardenois (commune de Mosnay), de Verzy et d'Épernay, pour calcaires à chaux hydrauliques et moyennement hydrauliques, et dans les cantons d'Esternay et de Montmort pour calcaires à ciments (*voir* le tableau relatif au département de la Marne).

Toutes limitées que soient ces ressources, si on les compare à celles que présentent les divers groupes de la grande formation oolithique, elles peuvent, à raison des espérances qu'elles font naître pour des explorations subséquentes, être considérées comme une espèce de bonne fortune, en comparaison du dénuement presque absolu des départements de l'Aisne et de l'Oise ; en effet, sur les 350 échantillons qui en proviennent, cinq ou six, à peine, ont présenté les proportions d'argile qui constituent les pierres à chaux moyennement hydrauliques des degrés

(*) M. Vicat a joint à ce mémoire divers tableaux de tous les échantillons par lui explorés et analysés pour chaque département.

L'étendue de ces tableaux n'a pas permis de les insérer aux Annales, mais ils sont imprimés et tirés à part, de manière à pouvoir être réunis en un volume séparé.

inférieurs de cette catégorie. A défaut d'argile on y a trouvé presque constamment un sable très-fin en proportions variables de 2 à 50 pour 100, sable qui donnerait à la chaux la maigreur des chaux hydrauliques sans lui communiquer d'ailleurs aucune propriété utile.

En passant de l'étage inférieur à l'étage moyen des dépôts tertiaires et à la craie blanche dans la Seine-Inférieure, on arrive à quelques résultats importants : on exploitait dans ce département avant ces dernières explorations cinq à six carrières à calcaires plus ou moins hydrauliques, dont une près de Rouen à la côte de Sainte-Catherine. L'examen des échantillons nouvellement recueillis permet d'ajouter à ces ressources seize indications de gisements dont quatre offrent les proportions d'argile voulues pour les chaux hydrauliques de bonne qualité; huit pour les chaux moyennement hydrauliques; deux pour les chaux éminemment hydrauliques et deux pour les ciments. Ce qui donne quelque intérêt à cet accroissement de moyens, c'est qu'il a lieu justement dans les cantons de Rouen et de Fécamp, où la Seine d'une part et la mer de l'autre offrent une exportation facile.

L'étendue très-bornée du département de la Seine n'a permis d'y recueillir qu'un petit nombre d'échantillons, mais très-suffisant cependant pour montrer combien de matériaux précieux pour les travaux hydrauliques y sont restés longtemps inconnus. Ce n'est, en effet, que depuis quelques années qu'on a commencé à exploiter les bancs argileux des carrières de Romainville, de Pantin, de Belleville et de Bagnolet, bancs dont la richesse varie depuis les proportions d'argile qui constituent les pierres à chaux moyennement hydrauliques, jusqu'à celles qui produisent les chaux éminemment hydrauliques et au delà. On peut voir dans le tableau, par l'examen des diverses couches

traversées par le puits absorbant de Chavilly, canton de Villejuif, combien le sol géologique de la Seine recèle d'argile disséminée ou intimement mélangée dans la matière calcaire ; en effet, sur une profondeur verticale de 50 mètres, la masse attaquée en onze points différents a donné des échantillons tenant depuis 9 jusqu'à 47 pour 100 d'argile, tantôt pure, tantôt mêlée de sable fin.

Les chaux hydrauliques naturelles du département de la Seine, ont été employées concurremment avec les chaux artificielles aux maçonneries des fortifications de Paris. M. de Chabaud-Latour, officier supérieur au corps royal du génie, a tiré un admirable parti des bancs argileux compris dans la partie des travaux confiée à sa direction. La vaste exploitation de chaux hydraulique qu'il a organisée, tout en produisant une notable économie, a permis d'imprimer une grande activité à ces mêmes travaux.

Dans le compte rendu de notre tournée de 1842, nous avons, sous le titre d'Observations générales, donné quelques détails sur les chaux hydrauliques éminemment siliceuses, dont la chaux du Theil, dans l'Ardèche, offre un type bien connu. Depuis cette époque, nous avons trouvé dans le canton de Sassenage, arrondissement de Grenoble, un calcaire d'un gris pâle bleuâtre qui a présenté tous les caractères chimiques du calcaire de l'Ardèche ; il appartient ainsi que ce dernier au système géologique des grès verts et contient sur 100 parties réduites en chaux 28.42 d'argile composée de 21.85 de silice et de 6.57 de magnésie avec très-peu d'alumine et de fer. La chaux du Theil contient, comme on a pu le voir dans le compte rendu cité tout à l'heure sur 100 parties, 29.50 d'argile composée de 23.00 de silice et de 6.50 de magnésie avec peu d'alumine et de fer. L'identité des deux chaux ne saurait, comme on le voit, être plus complète. MM. les officiers du génie de la place de Grenoble ont désiré, dans l'intérêt

de leurs travaux, soumettre la chaux de Sassenage à des expériences comparatives authentiques ; ils ont en conséquence fait confectionner en simple mortier composé de cette chaux et de sable quarzeux une série de briques ou prismes, et voici les résultats des expériences variées qui ont eu lieu en présence de MM. les ingénieurs des ponts et chaussées du département, appelés, ainsi que MM. les architectes de la ville, à constater l'exactitude des moyens d'appréciation.

(*Voir* le tableau, page 126.)

Poids sous lesquels se sont rompus des prismes à section quarrée de 0.05 de côté, portés sur deux appuis espacés de 0m.10, la charge étant suspendue au milieu.

INDICATIONS.		PRISMES âgés de trois mois.		PRISMES âgés de six mois.		PRISMES âgés de onze mois.		OBSERVATIONS.
		Théorique.	Pratique.	Théorique.	Pratique.	Théorique.	Pratique.	
		kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	
Cas d'immersion constante.	Avec chaux siliceuse de Sassenage.	102	132	140	194	192	222	Les mortiers désignés sous le nom de *théoriques* ont été fabriqués au pilon dans un mortier; il y a lieu de croire qu'on ne leur a pas donné assez d'eau.
	Avec chaux moyennement hydraulique ordinaire.	»	41	»	42	»	»	
Cas de séjour en terre humide.	Avec chaux siliceuse de Sassenage.	126	127	240	230	»	287	
	Avec chaux moyennement hydraulique ordinaire.	»	57	»	40	»	»	Les mortiers *pratiques* ont été fabriqués à la roue à manége, comme cela se pratique habituellement, sans précaution particulière.
Cas de séjour en cave humide.	Avec chaux siliceuse de Sassenage.	155	110	129	209	»	»	
	Avec chaux moyennement hydraulique ordinaire.	»	83	»	69	»	»	(a)
Cas d'exposition à toutes les intempéries.	Avec chaux siliceuse de Sassenage.	147	176	255	310	»	378	
	Avec chaux moyennement hydraulique ordinaire.	»	86	»	68	»	»	

(a) D'après le général Treussart, la résistance des briques communes de Strasbourg, mesurée comme ci-dessus, est de 210 kilogrammes; celle des briques réfractaires de Sufflelheim de 260 kilogrammes; nous avons trouvé pour la molasse dont on fait les encadrements de croisées à Grenoble, 168 à 195 kilogrammes: nul doute, conséquemment, que le simple mortier à chaux de Sassenage ne puisse être employé à confectionner de la pierre à bâtir artificielle.

De tels résultats sont bien faits pour éveiller l'attention des constructeurs ; en effet, aucune des combinaisons de chaux, trass et sable, essayées de la même manière à Strasbourg par le général du génie Treussart, n'a pu atteindre au delà de 260 kilogrammes. Ce qui n'est pas moins avantageux, c'est cette facilité de manipulation, qui ne change rien aux habibudes des chantiers, et comporte même un certain degré de négligence qui ne serait pas sans inconvénient pour des chaux hydrauliques ordinaires ; c'est à raison de tous ces avantages que nous avons cherché à nous assurer, par une analyse complète, de la nature des argiles contenues dans quelques calcaires des départements de la Marne, de l'Aisne, de la Seine et de la Seine-Inférieure ; voici les résultats de cet examen rapporté à 100 parties de pierre réduite en chaux.

LIEUX D'OU PROVIENNENT LES ÉCHANTILLONS.	Quarz.	Silice.	Alumine et fer.	Chaux caustique.
N° 172 du tableau de la Marne, canton de Vitry-le-Français, commune de Mersant.	»	18.50	14.50	67.00
N° 112 du tableau de l'Aisne, canton d'Oulchy-le-Château, commune de Villemontaire.	»	12.00	8.00	80.00
N° 78 du tableau de la Seine, canton de Pantin, commune d'*idem*.	»	20.50	12.00	68.00
N° 153 de la Seine-Inférieure, canton de Rouen, puits ouvert entre la rue Verte et celle du Champ-des-Oiseaux.	»	27.00	6.50	66.50
N° 115 de la Seine-Inférieure, canton de Fécamp, pied des falaises découvertes à mer basse.	9	16.00	4.00	71.00

D'après ces analyses, les calcaires argileux de la Seine seraient plus riches en silice que ceux de l'Aisne et de la Marne, et cette richesse irait croissant jusque dans la Seine-Inférieure, au point de reproduire, pour l'argile des échantillons de Rouen et de Fécamp, la même composition que présente l'argile des chaux du Theil et de Sassenage. Seulement la dose en serait peut-être trop forte

dans le n° 153 et trop faible dans le n° 115. Le moyen terme existe probablement dans les couches immédiatement supérieures ou inférieures à celles qui ont fourni les deux numéros susdits.

Il appartiendra à MM. les ingénieurs de la Seine-Inférieure de donner suite à ces premières investigations, s'ils jugent qu'il puisse en résulter des avantages notables pour leurs travaux hydrauliques et autres.

Grenoble, le 27 mars 1845.

N° 131.

DÉTAILS

Sur les travaux et les dépenses du chemin de fer de Paris à Orléans.

(Extrait du rapport (du 30 mars 1844) du conseil d'administration de la compagnie aux actionnaires.)

Par M. JULLIEN, Ingénieur en chef directeur des ponts et chaussées.

§ I. — DES ACQUISITIONS DE TERRAINS ET DES INDEMNITÉS ACCESSOIRES.

Les dépenses relatives aux acquisitions de terrains et aux indemnités accessoires se sont élevées au chiffre de. . . . . fr 7 750 000

Lequel se compose de la manière suivante :

Prix d'acquisition des terrains.	7 060 000 fr.	
Indemnités pour pertes de récoltes, extraction ou dépôt de matériaux.	430 000	
Dépenses accessoires de toute nature. . .	260 000	
Somme égale.	7 750 000 fr.	
Mais, en déduction de cette somme viendra le montant du prix des terrains en excédant à revendre, dont l'évaluation est de. . .		575 000
La dépense finale sera donc de.		7 175 000

Cette dépense totale de 7 750 000 fr. s'applique à une quantité de 638 hectares de terrain qui peuvent se diviser en trois catégories différentes, savoir :

1° L'emplacement de la voie et ses dépendances utiles, gares et établissements de départ et d'arrivée ;

2° Les terrains fouillés pour fournir à la voie les remblais, la pierre et le sable. Encore bien que la conser-

vation n'en soit pas utile, ils ne peuvent être revendus, soit parce qu'ils ont perdu toute leur valeur, soit parce qu'ils sont trop voisins du chemin de fer, soit enfin parce qu'ils offrent encore en matériaux quelques ressources utiles pour l'entretien ultérieur du chemin ;

3° Enfin les propriétés acquises en dehors des besoins du service pour obéir aux prescriptions de la loi et aux réquisitions des propriétaires expropriés, ou pour éviter des indemnités de morcellement trop considérables. Ce sont les terrains d'excédant qui viennent d'être indiqués comme pouvant être revendus.

	hect.
La première et la seconde catégorie comprennent environ.	558.45
La troisième comprend seulement. . . .	80.00
Total égal.	638.45 (1)

Cette superficie de 558 hectares 45 ares pour une longueur de chemin de 133 kilomètres, représente une largeur moyenne de 42 mètres pour le chemin proprement dit, et pour tous ses accessoires, gares, stations et dépendances de toutes espèces.

(1) Prix moyen par hectare :	Contenance.	Prix.	Prix moyen de l'hectare.
	hect.	fr.	fr.
1° Intérieur de Paris, contenant la grande gare, ses dépendances et 800 mèt. de ligne.	7.57	1 000 000	132 100
2° Commune d'Ivry, ateliers et gares diverses.	17.90	600 000	34 300
3° Ligne d'Ivry à Corbeil.	138.47	2 630 000	19 000
4° Ligne de Juvisy à Dommerville, vallée de l'Orge et de la Juine jusqu'au haut de la rampe de l'Émery, y compris Étampes.	282.62	2 584 000	9 180
5° Ligne de Dommerville à Orléans exclusivement, plaines de la Beauce et sablières.	170.33	635 000	3 730
6° Orléans, comprenant la gare d'arrivée et ses dépendances.	21.56	301 000	13 960
Ensemble des deux lignes, *y compris* les sablières et les excédants.	638.45	7 750 000	12 139
Ensemble des deux lignes, *non compris* les excédants à revendre.	558.45	7 175 000	12 848

Sur 2 600 vendeurs environ, 75 seulement ont mis la compagnie dans le cas d'avoir recours au jury; les indemnités qui leur ont été allouées se sont élevées à 996 000 francs.

§ 2. — DES TERRASSEMENTS ET DU BALLAST.

Des terrassements.

	mèt. cub.
Le cube des terres qu'on a eu à fouiller pour l'exécution du chemin de fer de Paris à Orléans, avec embranchement sur Corbeil, est, abstraction faite des remaniements que de pareils travaux nécessitent toujours, de.	4926 633
Le cube des pierres extraites de nos tranchées, soit à la poudre, soit à la pince, est de.	184 439
Le cube total des déblais, en terres ou pierres, provenant de l'ouverture de nos tranchées et des emprunts qui ont été quelquefois nécessaires pour compléter des remblais, se trouve être ainsi de.	5 111 072

Différents travaux supplémentaires ont été jugés indispensables pour consolider les terrassements du chemin de fer.

Ainsi, entre Juvisy et Bretigny, il a fallu revêtir de perrés en meulières la plus grande partie des talus de nos tranchées, qui, formées de terres glaiseuses, menaçaient à chaque instant de s'ébouler; sur plusieurs points, les perrés n'ont pas suffi pour arrêter les éboulements, et il a fallu leur substituer des murs de soutenement en pierres sèches.

Entre Lardy et Étampes, et dans la traversée du territoire de cette ville, une autre difficulté s'est présentée : les sables de grès très-fins, dans lesquels plusieurs tranchées sont creusées, ne se maintenaient pas suivant les talus à 45 degrés qu'on leur avait donnés; le vent les emportait et les amenait en grande quantité sur la voie, où

ils auraient bientôt recouvert les rails, et où ils avaient en outre le grave inconvénient, quand ils étaient soulevés par le vent, d'incommoder les voyageurs, et de causer à nos machines des détériorations continuelles.

Pour remédier à ces inconvénients, on a été obligé de recouvrir les talus des tranchées avec des perrés en pierres sèches, sur les points où les fouilles avaient fourni de la pierre; dans les parties où la pierre manquait, et où l'on ne pouvait se la procurer qu'à des prix très-élevés, il a fallu adoucir les talus des tranchées, les porter à 1 1/2 de base pour 1 de hauteur, et les recouvrir d'une couche de terre végétale de 7 à 10 centimètres d'épaisseur, destinée à recevoir un semis de gazon.

La même précaution a dû, par des motifs semblables, être prise pour les talus de quelques remblais formés avec du sable fin, notamment pour les talus du grand remblai de la Louette et de la Chalouette, que l'on rencontre à la sortie d'Étampes, et qui a une hauteur de 18 mètres.

Dans la tranchée de Chamarande, on a rencontré des sables mouvants que des eaux de source entraînaient constamment; il a fallu, outre le revêtement en perrés, battre au pied des talus des lignes de pieux et de palplanches jointifs pour retenir les sables et les empêcher d'être emportés par les eaux.

Dans les grands remblais formés de terres glaiseuses, quelques éboulements se sont également manifestés. On a été obligé de consolider les pieds des talus de ces remblais au moyen de banquettes en terre, et quelquefois au moyen de murs de soutenement en pierres sèches. Les remblais qui, à cet égard, nous ont donné le plus de travail, sont ceux qu'on rencontre entre Savigny et Bretigny, dans la traversée des vallées de l'Yvette, de l'Orge, du Perray et de Saint-Michel.

Des travaux analogues, mais d'une moindre importance, ont été exécutés aux abords d'Orléans, où nous

avons rencontré également des terrains de mauvaise qualité, formés de mélanges de sable et de glaise, dans lesquels des éboulements se produisaient à la suite de chaque forte pluie, dans les talus en déblai, comme dans les talus en remblai.

Au pied du coteau de Mons, qui se trouve à la sortie d'Ablon, entre les dernières habitations de ce village et la rivière d'Orge, il a fallu arrêter un mouvement général des terres vers la Seine. Le terrain naturel, sur lequel est établi le chemin de fer dans cette partie de son parcours, est formé de couches de glaise que des eaux souterraines faisaient glisser les unes sur les autres; on a pratiqué, entre le chemin de fer et le coteau, une galerie longitudinale souterraine, de 5 à 6 mètres de profondeur, et de 350 mètres de longueur, dans laquelle on recueille toutes les eaux qui descendent des terres du coteau, et où on les absorbe ensuite dans des puits creusés à cet effet au moyen d'une sonde artésienne, et descendant à une profondeur de 20 à 25 mètres.

Enfin il a fallu, dans le cours de l'exécution du chemin, faire sur quelques points, notamment dans les tranchées du Perray et de Bretigny, des travaux d'épuisement et d'assainissement pour la mise à sec des terrains, dans lesquels des eaux de sources abondantes entravaient constamment les transports de nos déblais.

Si nous mentionnons ici tous ces travaux, ce n'est pas pour en faire ressortir l'importance; car des travaux analogues ont été nécessaires sur tous les chemins de fer exécutés jusqu'à ce jour; mais il importe d'expliquer que les terres dont ces travaux accessoires ont nécessité le maniement, ne figurent pas dans le cube total de nos terrassements, et ont dû ainsi contribuer à augmenter le prix moyen du mètre cube.

Ces explications étaient nécessaires pour bien faire comprendre ce que nous entendons par le prix moyen

d'un mètre cube de terrassement : nous faisons entrer dans le chiffre de nos déboursés toutes les dépenses relatives aux travaux de terrassements ; nous ne comprenons, au contraire, dans le cube donné plus haut, que les terres qui ont été fouillées pour l'exécution du chemin de fer proprement dit, et pour la construction de ses travaux d'art, en faisant abstraction de tout remaniement et de tout travail accessoire.

Nous pouvons maintenant établir ainsi qu'il suit le décompte de nos terrassements :

	fr.
Pierres extraites de nos fouilles à la poudre (bloc de grès et de meulières), y compris débitage de la pierre et transport aux lieux de dépôt en dehors de la ligne, 119 188 mèt. cub. à 3fr.50 l'un. .	417 158.00
Pierres extraites à la pince, pierres calcaires formant des petits bancs, y compris débitage de la pierre et transport aux lieux de dépôt, en dehors de la ligne, 65 251 mèt. cub. à 2 fr. l'un.	130 502.00
Façon des perrés et des murs de soutenement, y compris transport, des lieux de dépôt à pied d'œuvre, 46 300 mèt. cub. à 3fr.80 l'un.	175 940.00
Terrassements ordinaires, dont plus de moitié en terres d'un piochage difficile, compris fouille et charge, transport du déblai au remblai, soit par brouettes, soit par voitures, soit par waggons, sur des chemins de fer provisoires, régalement des terres et dressement des talus et fossés, 4 926 633 mèt. cub. à 1fr.532 l'un.	7 542 675.12
Appoint pour arriver au chiffre exact de notre dépense de terrassements.	3 714.61
Le total de la dépense de terrassements est de.	fr. 8 269 989.73

Du ballast.

La dépense pour l'établissement du ballast s'est élevée en totalité, y compris l'achat des waggons nécessaires aux transports, à.		fr. 2 341 097.70
Dont il faut déduire la somme que produira la revente des quatre cents vieux waggons employés aux transports du ballast, somme que l'on estime devoir s'élever à environ.		175 000.00
La dépense du ballast sera ainsi réduite à.		fr. 2 166 097.70

On peut présenter le compte de cette dépense ainsi qu'il suit :

La longueur du chemin, entre Paris et Orléans, est de. . . .	mèt. 121 067	
La longueur de l'embranchement de Juvisy à Corbeil, est de.	11 620	
Longueur totale de la double voie principale.	mèt. 132 687	
qui représente une longueur de simple voie, de.		mèt. 265 374

A laquelle il faut ajouter la longueur des voies accessoires établies dans nos différentes stations pour le service des ateliers et des dépôts de machines ; — pour le service des gares de marchandises et des remises de voitures ; — pour l'embarquement et le débarquement des chaises de poste et des diligences ; — pour les gares d'évitement ; — pour les changements de

A reporter. . . 265 374

	mèt.
Report. . .	265 374
voies ; — pour l'exploitation des sablières servant à l'entretien du chemin ; — voies accessoires dont le développement total présente une longueur supplémentaire de simple voie, de. . .	19 100
Longueur totale développée des voies principales et accessoires.	mèt. 284 474

Or, il entre par mètre courant de double voie un cube de ballast d'environ 4 mètres (la largeur moyenne étant de 8 mètres, et l'épaisseur réduite, eu égard aux rechargements que nécessitent les tassements des remblais, étant de $0^{m}.50$), soit par mètre courant de simple voie, 2 mètres cubes.

	mèt. cub.
Le cube du ballast employé a donc été de.	568 948
	fr.
La dépense totale étant de.	2 166 097.70

Le prix moyen du mètre cube de ballast, rendu sur place, sera de $3^{fr}.81$

Ce prix est élevé ; mais on doit remarquer que le chemin d'Orléans s'est trouvé dans des conditions fâcheuses pour l'approvisionnement de son ballast. Il a fallu en général, notamment sur la plus grande partie du plateau de la Beauce, aller chercher le sable dans des carrières éloignées de la ligne et très-écartées les unes des autres ; sur une partie du parcours, d'une longueur d'environ 24 000 mètres, il a fallu même substituer au sable de la pierre cassée.

La ligne de Paris à Corbeil, seule, a été favorisée ; les sablières se sont trouvées partout à proximité du chemin, et ont contribué à faire descendre le prix moyen du ballast au taux que nous avons indiqué ci-dessus.

Si l'on voulait, dans l'évaluation de ce prix moyen, distinguer la ligne de Paris à Corbeil de la ligne de Ju-

visy à Orléans, on trouverait que, pour la première, le prix moyen a été de. . . . . fr. 2.14
et pour la seconde, de. 4.35

On voit quelle différence peut apporter dans le prix du ballast la position, par rapport à la ligne, des carrières ou sablières qui le fournissent.

§ 3. — DES OUVRAGES D'ART.

Le total de la dépense relative à ce chapitre s'est élevé à la somme de. . . . . fr. 4 530 226.88

Il nous serait difficile de rendre ici un compte détaillé de cette dépense, sans sortir des bornes ordinaires d'un rapport ; nous nous contenterons donc de reproduire avec plus de détails et d'exactitude, tous nos travaux étant terminés, la nomenclature de nos ouvrages d'art telle que nous vous l'avons déjà présentée dans notre rapport du 6 octobre 1842.

Les travaux d'art exécutés sur la ligne de Paris à Orléans et sur l'embranchement de Corbeil se composent de :

1° Quatre grands viaducs à la traversée des rivières de l'Yvette et de l'Orge, près de Villemoisson, de la Louette et de la Chalouette, près d'Étampes.

Le premier de ces viaducs est à trois arches, le second à cinq arches, et les deux derniers à deux arches, l'ouverture de chacune des arches est de 7 à 8 mètres ; la hauteur de ces viaducs varie de 14 à 20 mètres ;

2° Deux ponts en fonte accolés, de quatre travées chacun, construits à la sortie de Paris, pour le passage au-dessus du chemin de fer, du chemin de ronde et du boulevard extérieur ;

3° Un viaduc à Choisy-le-Roi, composé de huit travées en fonte, de 6 mètres d'ouverture chacune, avec piles et culées en maçonnerie et tablier en bois ;

4° Trois ponts sur la rivière d'Orge, le premier à Petit-

Mons, le deuxième à Châtillon et le troisième à Juvisy; ces trois ponts sont formés chacun de deux arches en maçonnerie et en plein cintre de 6 mètres d'ouverture ;

5° Quatre ponts de quelque importance pour le passage du chemin de fer au-dessus ou au-dessous de quatre routes royales : une fois à Juvisy, sous la route royale n° 7, de Paris à Antibes ; deux fois à Étrechy et à Angerville, au-dessus de la route royale n° 20, de Paris à Toulouse; et une fois à Étampes, au-dessus de la route royale n° 191, de Mantes à Corbeil ;

6° Trois aqueducs sous le chemin de fer, sous des remblais de 12 à 15 mètres de hauteur, pour le passage par dessous le chemin de fer de trois cours d'eau, les ruisseaux de Saint-Michel, de Bretigny et des Corps-Saints;

7° Quatre ponts de grandes dimensions pour le passage, sous le chemin de fer, d'une route départementale, à Épinay, et de trois chemins vicinaux de grande communication, à Ablon, au Perray, et à Monnerville;

8° Un pont de 8 mètres d'ouverture pour le passage du chemin de fer au-dessus du canal qui met en communication la gare de Choisy avec la Seine ;

9° Vingt huit ponts en maçonnerie et en plein cintre, de 2 à 4 mètres d'ouverture, sous le chemin de fer, pour la desserte de chemins vicinaux ou particuliers et pour l'écoulement des eaux ;

10° Cinquante et un petits ponts en maçonnerie et en plein cintre, de $0^{m}.70$ à 2 mètres d'ouverture, pour le passage des piétons et des eaux ;

11° Quatre-vingt-un ponts par-dessous le chemin de fer, avec poutres en fonte ou en charpente et tabliers en bois, d'une ouverture de 2 à 4 mètres, destinés à la desserte des chemins et à l'écoulement des eaux;

12° Douze tuyaux en fonte ou en plomb, pour le passage de petits cours d'eau sous le chemin de fer ;

13° Vingt-trois ponts de 4 mètres de largeur, établis par-dessus le chemin de fer, pour la desserte d'autant de chemins; ces ponts ont leurs culées en maçonnerie et leurs tabliers en charpente;

14° Onze passerelles en charpente, pour piétons, de $1^{m}.50$ à 2 mètres de largeur, construites par dessus le chemin de fer, pour desservir des sentiers ou des communications particulières;

15° Enfin, cent et un passages à niveau :

dont 1 sur une route royale à Choisy-le-Roi,
5 sur des routes départementales,
86 sur des chemins vicinaux ou de desserte,
9 sur des sentiers pour piétons.

Tel est le résumé de nos travaux d'art. Les comptes dressés par notre ingénieur en chef présentent le prix de chacun de ces ouvrages; mais il nous a paru inutile d'en reproduire ici le détail.

§ 4. — DE L'ÉTABLISSEMENT DE LA VOIE.

Le mètre courant de simple voie, pour la fourniture des matériaux et la main-d'œuvre de la pose peut, non compris le ballast dont il a été question plus haut, s'estimer ainsi :

	fr.
Fourniture de bois de chêne pour traverses, livrés aux ports de la Seine, à Paris, Juvisy, Corbeil, ou aux ports de la Loire, à Orléans, à $74^{fr}.50$ le mètre cube (prix moyen des lignes d'Orléans et de Corbeil). $0^{m}.105$, à $74^{fr}.50$, font.	7.82
Coltinage des bois, des ports de débarquement aux chantiers de la compagnie, situés à proximité de ces ports, débitage des bois, équarrissage et sabottage des traverses, à 10 fr. par mètre cube. $0^{m}.105$, à 10 fr., font.	1.05
A reporter. . .	8.87

	fr.
Report. . . .	8.87
60 kilogrammes de rails, à 392 fr. la tonne (prix moyen des lignes d'Orléans et de Corbeil), ou à $0^{fr.}.392$ le kilogramme.	23.52
$21^{k}.20$ de fonte pour coussinets, à 307 fr. la tonne (prix moyen des lignes d'Orléans et de Corbeil), ou à $0^{fr.}.307$ le kilogramme.	6.51
$1^{k}.20$ de chevillettes, à $0^{fr.}.63$ le kilogramme (prix moyen).	0.76
2.22 coins en bois de chêne, à $0^{fr.}.19$ le coin. .	0.42
Total pour la fourniture des matériaux par mètre courant de simple voie.	40.08

Le poids des rails, traverses, sabots, chevillettes et coins, entrant dans un mètre courant de voie, est d'environ 200 kilogrammes ; il a fallu transporter ces matériaux des ports de livraison, situés à Paris, Juvisy et Corbeil pour la Seine, et à Orléans pour la Loire, dans les chantiers de dépôt placés sur la ligne. (Ces transports auraient été moins dispendieux pour un chemin de fer qui aurait eu un fleuve ou un canal navigable à sa proximité.)

Ce transport, qui s'est fait par voitures à une distance réduite de 6 à 7 lieues, est revenu, eu égard à l'obligation pour le voiturier de faire son retour la plupart du temps à vide, à 9 fr. la tonne, soit, pour 200 kilogrammes par mètre courant, à.	1.80
Transport des matériaux des chantiers de dépôt à pied d'œuvre; pose provisoire d'une voie pour le transport du ballast par waggons ; relèvement de cette voie et pose définitive de la seconde voie, après le répandage du ballast ; pose de différentes voies de service pour les transports de quelques terrassements et du ballast.	2.00
A reporter. . .	43.88

	fr.
Report. . .	43.88
Frais généraux pour les employés chargés, soit dans les usines, soit sur la ligne de réception des rails, sabots, traverses et chevillettes; location, clôture, garde et surveillance des chantiers de dépôt placés sur la ligne pour l'approvisionnement des matériaux; relèvement et entretien de la voie par suite des premiers tassements pendant l'exécution des travaux.	1.12
Prix du mètre courant de simple voie, non compris le ballast.	fr. 45.00
La longueur développée de nos voies principales et accessoires est, ainsi que nous l'avons dit à propos du ballast, de.	mèt. 284 474
Ce qui, à 45 fr. le mètre courant, représente une dépense de.	fr. 12 801 330
Nous avons ensuite dépensé pour l'établissement des changements et croisements de voie, savoir :	
Pour 149 croisements à 1 050fr. l'un. 156 450	316 450
Pour 128 changements à 1 250fr. l'un. 160 000	
(Ces prix comprennent la valeur des rails et supports et des châssis en charpente, et toute main-d'œuvre d'établissement et de pose.)	
Puis, pour 110 plates-formes en fonte, dont :	
43 pour locomotives,	
46 pour diligences,	
21 pour waggons :	
A reporter. . .	13 117 780

		fr.
Report. . .		13 117 780
Fourniture et pose.		456 000
La valeur des contre-rails et supports doubles qui ont été employés dans les passages à niveau peut s'estimer ainsi :		
Pour 92 passages de voitures à 450 fr. l'un.	41 400	42 480
Pour 9 passages de piétons à 120 fr. l'un.	1 080	
Total.		13 616 260

On n'a pas compris dans ce chiffre la valeur des matériaux approvisionnés d'avance pour l'entretien de la voie montant à. 171 206.34

En résumé, tous les travaux qui se rattachent à la construction et à l'établissement du chemin de fer de Paris à Orléans avec embranchement sur Corbeil, ont coûté, non compris les acquisitions de terrains, savoir :

	fr.
Terrassements.	8 269 989.73
Ballast.	2 166 097.70
Travaux d'art.	4 530 226.88
Établissement de la voie.	13 616 260.00
Total.	28 582 574 31

§ 5. — CONSTRUCTIONS DIVERSES.

Les dépenses relatives aux constructions accessoires peuvent se résumer ainsi :

I. *Gares des voyageurs.*

1° Gares des voyageurs de Paris, compris hangars d'embarquement et de débarquement des voyageurs, re-

mises pour les voitures, salles d'attente, bureaux, salles de bagages au départ et à l'arrivée, salles de l'octroi et du commissariat de police, trottoirs pour le chargement et le déchargement des chaises de poste, pavage des cours de départ et d'arrivée et des rues aux abords de la gare, grilles et murs de clôture, cours d'embarquement et de débarquement des diligences, fondation des plates-formes tournantes, éclairage au gaz, écuries pour le service des omnibus, distribution d'eau pour le lavage des voitures. . . . . fr. 1 160 500 96

2° Maison d'administration de la compagnie à Paris. 283 624.97

3° Gare des voyageurs de Corbeil, comprenant à peu près les mêmes accessoires que la gare de Paris, mais sur une plus petite échelle. 446 473.10

4° Gare de voyageurs d'Orléans, comprenant les mêmes accessoires que la gare de Paris, mais sur une plus petite échelle. 440 900.00

5° Gare de voyageurs d'Étampes, avec ses dépendances. 157 873.00

6° Stations intermédiaires de voyageurs, au nombre de 17, sur les lignes d'Orléans et de Corbeil. 275 375.55

Total pour les gares de voyageurs, dépendances accessoires et abords compris. . fr. 2 764 747.58

II. *Gares des marchandises.*

1° Gare de marchandises de Paris, compris les cours et les rues d'arrivée, avec l'extension qu'on doit lui donner prochainement. . . . . fr. 530 079.97

2° Gare de marchandises d'Orléans. . . 229 442.50

3° Gare de marchandises d'Étampes. . . 66 242.50

A reporter. . . 825 764.97

	fr.
Report. . .	825 764.97
4° Gares de marchandises intermédiaires faites ou restant à faire, au nombre de huit : Épinay, Saint-Michel, Marolles, Lardy, Étrechy, Angerville, Toury et Chevilly. .	159 350.00
Total pour les gares de marchandises.	985 114.97

III. *Ateliers et dépôts de machines.*

	fr.
1° Ateliers d'Ivry pour la construction et la réparation des machines et des voitures, non compris l'outillage.	510 282.40
2° Dépôt de machines à Paris.	137 869.67
3° Petit atelier et dépôt de machines à Orléans.	116 000.00
4° Dépôt de machines à Étampes. . . .	127 300.00
5° Dépôt de machines à Corbeil. . . .	72 972.11
6° Dépôts de machines à Saint-Michel et à Toury.	40 000.00
Total pour les ateliers de réparation et dépôts de machines.	fr. 1 004 424.18

IV. *Dépenses pour l'alimentation des machines.*

	fr.
Forage de puits artésiens à Saint-Michel, à Étampes et à Paris. Prise d'eau dans la Juine, à Étampes; dans l'Orge, à Saint-Michel; dans la Seine, à Corbeil. Établissement de grues hydrauliques à toutes les stations où l'on doit prendre de l'eau. .	222 572.82
V. *Dépenses pour les clôtures* de la ligne en treillages de diverses espèces.	fr. 297 071.78
VI. *Dépenses pour plantation* de haies vives et ensemencement des talus.	fr. 223 999.39

VII. *Dépenses diverses* pour des mâts de signaux, pour des puits à Toury et à Orléans, pour des poses de guérites, et pour différents menus travaux. . . . . fr. 49 426.34

Récapitulation des dépenses de constructions diverses.

	fr.
1° Gares de voyageurs.	2 764 747.58
2° Gares de marchandises.	985 114.97
3° Ateliers et dépôts de machines. . .	1 004 424.18
4° Alimentation des machines.	222 572.82
5° Clôtures de la ligne en treillages de diverses espèces. . , ...	297 071.78
6° Plantation de haies vives et ensemencement de talus.	223 999.39
7° Dépenses diverses.	49 426.34
Dépense totale.	5 547 357.06

N° 132.

EXPÉRIENCES ET OBSERVATIONS

Sur les frais d'entretien des routes en empierrement, et principalement sur l'usure des chaussées;

Par M. GARNIER, Ingénieur des ponts et chaussées.

M. l'ingénieur Dupuit, dans son écrit remarquable *sur les frais d'entretien des routes* (1842), « a voulu établir » les bases rationnelles de l'évaluation des dépenses d'en- » tretien des routes, de manière que l'estimation pût en » être faite, tout aussi exactement que celle qui précède » l'exécution des travaux neufs.

» En mettant à l'écart quelques influences tout à fait » secondaires, telles que la largeur des routes, leurs pentes, » le climat, l'exposition, les plantations, etc., on peut ré- » duire à quatre les circonstances qui influent sur les dé- » penses d'entretien des routes : la fréquentation, la qua- » lité des matériaux, leur prix et celui de la main-d'œuvre. »

Et M. Dupuit a formulé ces trois principes simples :

« La dépense d'en- » tretien est propor- tionnelle : { 1° à la fréquentation; 2° à la qualité des matériaux; 3° au prix des matériaux usés; » ces trois quantités étant exprimées suivant certaines » conventions. »

En écartant les cas extrêmes et exceptionnels, et si l'on attache au mot *fréquentation* l'idée de la *fatigue réelle* qu'éprouvent les chaussées par l'effet de la circulation sur les routes, on ne saurait contester l'exactitude théorique des principes formulés par M. Dupuit. Mais passons à l'application.

M. Dupuit dit : « La fatigue (ou la fréquentation) de-
» vrait se mesurer par le poids transporté; mais ce poids
» ne peut guère s'évaluer, sur les routes, que par le nombre
» de chevaux attelés ; il est donc plus simple de se servir
» de ce nombre. Cependant, tous les chevaux ne tirent pas
» le même poids ; il y a des voitures vides, des voitures de
» maître fort légères. Quelques ingénieurs les négligent
» complétement; c'est une erreur..... Nous pensons qu'on
» doit tenir compte de ces colliers pour un tiers. On pour-
» rait aussi attribuer à chaque collier une valeur particu-
» lière ; mais comme dans tous les cas on n'arrivera jamais
» à un résultat précis, nous croyons qu'il faut sacrifier un
» peu de l'exactitude à la simplicité. Ainsi, pour nous, la
» fatigue d'une route sera le nombre total de tous les col-
» liers chargés qui la parcourent, plus le tiers des voitures
» vides ou des voitures de maître. »

Mais nous trouvons qu'ici M. Dupuit a trop sacrifié l'exactitude à la simplicité; que si l'on appliquait cette dernière règle sans modifications, il resterait encore une trop grande incertitude dans l'évaluation des véritables besoins des routes, et qu'il en pourrait résulter de graves erreurs. Nous n'irons pas jusqu'à dire, avec M. Bardonnaut (ingénieur de Langres qui a publié divers mémoires instructifs sur les routes), « que le chiffre total du roulage,
» comparé à la fatigue réelle et à l'usure d'une route, ne
» *signifie absolument rien*, et que même avec l'indication
» des chevaux appartenant aux divers roulages, il ne se-
» rait pas d'une grande utilité et ne pourrait être consulté
» qu'à titre de renseignement fort incomplet et fort incer-
» tain. » Mais nous disons que des renseignements même détaillés sur la circulation, ne peuvent être utiles pour apprécier l'usure des chaussées qu'autant qu'on les a fait précéder ou qu'on les accompagne d'expériences consistant à calculer directement cette usure.

La circulaire de M. le sous-secrétaire d'état des travaux

publics, en date du 9 avril 1844, a prescrit les dispositions à prendre pour obtenir le relevé exact de la circulation sur toutes les routes royales et départementales pendant le cours d'une année entière.

Mais ce travail a plutôt encore pour but d'établir la statistique générale de la circulation, il démontrera plutôt encore l'utilité immense des routes qu'il ne pourrait servir *par lui-même* à la mesure exacte de l'usure des chaussées et des frais d'entretien des routes On peut en juger par le préambule de cette circulaire, que je rappelle : « Le re-
» levé de la circulation qui a lieu journellement sur les
» différentes parties du territoire, est un des documents
» les plus utiles et les plus intéressants que l'administra-
» tion puisse avoir à recueillir. La connaissance du mou-
» vement des voitures, des marchandises et des voyageurs
» lui fournit des indications précieuses sur l'état actuel de
» la richesse sociale, du commerce et de l'industrie, sur
» l'influence exercée par les routes existantes, sur la fa-
» tigue qu'éprouvent les chaussées, et enfin sur les consé-
» quences probables de l'ouverture des voies de communi-
» cation nouvelles. »

La fin de la circulaire porte : « Il est inutile d'ailleurs
» d'insister sur les soins que réclame une opération dont
» les conséquences sont de nature à porter la lumière dans
» une foule de questions obscures et difficiles, pour les-
» quelles on ne possède pas encore aujourd'hui de solu-
» tions complètes. »

Parmi ces questions obscures et difficiles on doit comprendre sans aucun doute, et comme des plus importantes, les questions relatives à l'usure des chaussées et aux frais d'entretien des routes. Mais malheureusement les chiffres de fréquentation, *seuls*, sont tout à fait insuffisants pour mesurer les besoins des routes.

M. Bardonnaut en a rapporté un exemple remarquable (*Annales*, 1843 - 5e cahier) : « Deux parties de la route

» royale n° 19, situées l'une avant, l'autre après la ville » de Langres, sont très-inégalement *fatiguées*. Les maté- » riaux employés à leur entretien, quoique de nature dif- » férente, sont à peu près de même qualité. Le cube des » détritus recueillis sur diverses parties de la première, » *choisies ou maintenues en bon état*, a été moyennement » de 541 mètres cubes par année et par kilomètre, en » plaine, du 1er avril 1836 au 1er avril 1839. Sur la se- » conde, il n'a été que de 147 mètres cubes. Dans ce même » espace de temps, la *fréquentation*, constatée tous les » jours et de temps à autre la nuit, pendant quatorze » mois, a été de 392 chevaux en deçà de Langres, et de » 372 au delà. » Ce qui donne, par kilomètre et par 100 colliers, avec une même qualité de matériaux : pour la première partie, $\frac{541^{m.c.}}{3.92} = 138$ mètres cubes; et pour la deuxième, $\frac{147^{m.c.}}{3.72} = 39^{m.c.}.50$. On voit donc que le collier de la première partie a consommé $\frac{138}{39.5} = 3.5$ fois autant que le collier de la seconde. M. Bardonnaut explique ainsi ce résultat : « En deçà de Langres, plus des trois quarts » des chevaux appartiennent au gros roulage, qui se com- » pose principalement de voitures de blé, fer et houille, » dirigés sur le port de Gray, ou qui en viennent, et qui, » toutes pesamment chargées, ont une action si désastreuse » sur les routes qu'elles parcourent. Au delà de Langres, » ces dernières voitures quittent la route n° 19, sur la- » quelle les chevaux du gros roulage ne forment plus en- » suite que le quart environ du chiffre total des colliers : » le reste comprend, en nombre à peu près égal, des che- » vaux du petit roulage et des chevaux attelés à des voi- » tures vides, etc. »

La comparaison que nous venons de rapporter nous avait surpris : nous ne pensions pas qu'il pût y avoir des

différences aussi grandes entre les consommations de matériaux dues aux diverses espèces de roulage. Mais les expériences et observations auxquelles nous nous sommes livré dans l'arrondissement de Gray, ont confirmé les allégations de M. Bardonnaut.

Sur la partie de la route royale n° 67, qui reçoit le gros roulage dont parle M. Bardonnaut, l'usure annuelle de matériaux par kilomètre et par cent colliers, calculée d'après des expériences directes sur l'usure des chaussées peut s'élever à 60 ou 80 mètres cubes; sur des routes où la fréquentation ne consiste qu'en petit roulage, cette usure ne s'élève qu'à 20 ou 30 mètres cubes. Je dois dire que les matériaux employés pour l'entretien dans l'arrondissement de Gray, sont généralement des calcaires jurassiques de moyenne ou médiocre qualité, et que, pour la plupart d'entre eux, il ne saurait y avoir de grandes différences entre leurs qualités respectives.

D'après les exemples qui précèdent, les résultats que l'on a donnés pour les chaussées des Champs-Élysées n'ont plus rien de surprenant. Si l'on consulte la notice de M. Crinier (*Annales*, 1843), on y voit que l'avenue de Neuilly a 2 000 mètres de longueur, compris le développement du rond-point; M. Crinier admet que la circulation moyenne, sur les empierrements, est de 4 400 colliers (attelés à des voitures), et que la consommation annuelle de matériaux (qu'il paraît considérer comme normale) est de 2 780 mètres cubes. Il en résulte que la consommation annuelle de matériaux, par kilomètre et par cent colliers, est de $\frac{1\,390^{\text{m.c.}}}{44} = 31^{\text{m.c.}}.60$. Ce chiffre ne paraîtra pas trop faible, puisqu'un grand nombre de voitures légères parcourent les chaussées des Champs-Élysées, et que les matériaux d'entretien consistent en silex, médiocre si l'on veut, mais passable par rapport à un grand nombre de calcaires.

Ce chiffre même nous paraîtrait un peu trop élevé, si l'on ne savait qu'il y a des causes d'augmentation d'usure, consistant dans la fondation en grosses pierres et dans le mode vicieux d'arrosage, et aussi que l'on a négligé les nombreux chevaux de selle, dont l'influence, comparée surtout aux colliers des voitures légères, ne peut être entièrement négligée.

Les chiffres de fréquentation seuls vont donner une idée d'autant moins précise de la fatigue réelle des chaussées que l'instruction pour l'usage du tableau A, jointe à la circulaire du 9 avril, recommande « d'appliquer indistinc-» tement la désignation de *collier* à tout animal attelé, aux » mulets, aux ânes et aux bœufs comme aux chevaux. » Si donc l'on ne distinguait pas les divers genres de roulage, des routes peu fatiguées dans la réalité montreraient le même chiffre de fréquentation que des routes très-fatiguées sur lesquelles le *gros roulage* exercerait presque exclusivement son action désastreuse.

Les relevés prescrits par la circulaire du 9 avril donneront les diverses espèces de roulage, mais il faut pouvoir apprécier leur influence respective.

Il y aurait déjà bien de l'incertitude si les matériaux étaient les mêmes ; mais que sera-ce si les matériaux sont de qualités différentes ?

M. Dupuit définit ainsi la qualité des matériaux : « Il » ne suffit pas de dire, pour s'entendre, que les matériaux » sont bons, médiocres ou mauvais : ce qu'il y a de mieux » à faire, c'est de les juger par le résultat, et d'exprimer » cette qualité par l'usure qui correspond à l'unité de » fatigue et à l'unité de distance. Si un kilomètre, fré-» quenté à 100 colliers, donne une usure de 50 mètres » cubes de pierres, on dira que la qualité des matériaux » est de 50 ; s'il en use 80 mètres cubes, 80 exprimera » cette qualité. Il pourra bien se faire que des pierres de » natures physiques ou géologiques très-différentes aient

» le même chiffre de qualité ; mais nous ne considérons » ici que leur valeur par rapport à l'entretien des routes. »

Théoriquement, cette définition est irréprochable ; mais comme l'usure correspondant à l'unité de fatigue, c'est-à-dire à 100 colliers, pour les mêmes matériaux, peut éprouver de grandes variations sur diverses routes, suivant l'espèce des cent colliers, il en résulterait que sur les diverses parties du territoire, on pourrait attribuer aux *mêmes* matériaux des qualités bien différentes.

On m'accordera facilement que lors même qu'on aurait pour apprécier les besoins de diverses routes, les chiffres détaillés de la circulation et quelques renseignements généraux sur la nature et la qualité des matériaux d'entretien, sans expériences directes sur l'usure réelle des chaussées, on pourrait encore facilement se tromper sur l'influence respective du roulage dans le rapport de 2 à 1, et sur les qualités respectives des matériaux dans le rapport de 1.50 à 1 ; on pourrait donc se tromper sur les consommations respectives de matériaux dans le rapport de 3 à 1. Ces limites d'erreur sont beaucoup trop étendues ; on doit, on peut les restreindre, dans l'intérêt surtout des routes fatiguées, pour lesquelles des erreurs *en moins* sont très-préjudiciables, ainsi qu'on va le saisir par un exemple. Supposons une route fréquentée à 500 colliers, dont la chaussée, large de 6 mètres, soit entretenue avec des matériaux calcaires de médiocre qualité; supposons qu'en définitive elle consomme annuellement et à l'état normal 360 mètres cubes de matériaux par kilomètre. Si l'on ne donne à cette route que la moitié de la quantité de matériaux que sa fatigue réelle exige, elle va perdre annuellement une hauteur de matériaux de $\frac{180^{m.c.}}{6 \times 1000} = 0^{m}.030$, représentant une épaisseur de chaussée d'environ $0^{m}.025$. On conçoit alors qu'en quelques années la chaussée soit ruinée, et qu'il soit nécessaire de la renouveler.

Les deux premiers principes de M. Dupuit, à savoir : que la dépense de l'entretien normal d'une route, est proportionnelle { 1° à la fréquentation; 2° à la qualité des matériaux; reviennent à dire qu'elle est proportionnelle à la quantité de matériaux usés : pratiquement, c'est cette quantité qu'il importe de connaître.

La dépense d'entretien est d'ailleurs proportionnelle au prix des matériaux usés : ce prix se compose du prix des matériaux fournis et cassés, augmenté du prix de la main-d'œuvre, lequel, entre certaines limites, peut être considéré comme proportionnel à la quantité de matériaux : chaque mètre cube de matériaux exige une certaine valeur de main-d'œuvre, un *certain temps* dont les variations, pour les diverses fatigues de routes, pour les diverses qualités de matériaux, devraient être assez restreintes, ainsi que nous le verrons plus loin.

Si donc on connaissait la quantité de matériaux usés annuellement, on en déduirait exactement la dépense normale en fournitures de matériaux cassés; et l'on conçoit déjà que l'on puisse en déduire assez exactement la dépense de main-d'œuvre proprement dite : on connaîtrait donc les frais d'entretien.

Par quelles méthodes peut-on donc arriver à connaître la quantité de matériaux usés annuellement par kilomètre de route, puisque c'est la base fondamentale de l'évaluation des frais d'entretien ?

On pourrait espérer une solution, en prenant les épaisseurs moyennes de la chaussée à deux époques suffisamment éloignées, avec la connaissance de la quantité totale de matériaux employés dans l'intervalle de temps; mais cette méthode ne peut donner des résultats suffisamment exacts que pour les chaussées fatiguées.

Sur une chaussée peu fréquentée, une erreur de quel-

ques centimètres dans les différences d'épaisseur, pourrait représenter la consommation de plusieurs années.

Lorsque je suis arrivé dans l'arrondissement de Gray, j'ai trouvé les cahiers de fouilles faites sur les chaussées de toutes les routes en août 1837 et au commencement de 1841, dans l'intervalle de trois ans et demi. Ces sondages avaient été opérés *sur le milieu* de la chaussée, à raison de huit par kilomètre.

On aurait pu certainement pratiquer la méthode d'une manière plus précise, par exemple, en opérant des sondages sur le même profil en travers de la chaussée, au milieu et sur les côtés.

Mais tels que je les possédais, j'ai voulu savoir quels résultats me donneraient ces cahiers pour les deux parties de routes de mon arrondissement les plus fréquentées, à savoir : la partie de la route royale n° 67, de Saint-Dizier à Lauzanne, comprise entre la limite de la Haute-Marne et Gray, d'une longueur d'empierrement de $28^{\text{kilom.}}.60$, et la partie de la route royale n° 70, comprise entre Gray et Combeaufontaine, sur une longueur d'empierrement de 21 kilomètres dans l'arrondissement.

J'ai donc fait relever les quantités totales de matériaux employées sur ces parties de routes dans l'intervalle des sondages, tant en fournitures ordinaires et extraordinaires que par voie de régie.

Il en résulte que sur la route royale n° 67, dans l'intervalle de trois ans et demi, on a employé :

Tant en fournitures ordinaires qu'en régie.	29 921$^{\text{m.c.}}$
En fournitures extraordinaires.	14 551
A ajouter pour extractions sur place par les cantonniers,	44 472
ou dons par les particuliers, environ.	528
Total.	45 000$^{\text{m.c.}}$

L'épaisseur moyenne, au milieu de la chaussée, a été trouvée :

En août 1837, de.	$0^m.08$
Au commencement de 1841, de.	$0^m.19$
Augmentation.	$0^m.11$

Les fouilles n'ayant été faites qu'au milieu de la chaussée, on ne peut pas en conclure que l'augmentation de l'épaisseur moyenne de la chaussée soit de $0^m.11$; elle est certainement inférieure à $0^m.11$. D'un autre côté, une certaine épaisseur de chaussée représente une hauteur plus grande de matériaux employés : ordinairement, on admet que l'épaisseur de la chaussée est les 0.70 de la hauteur des matériaux ; mais, en employant des détritus avec les matériaux, on peut obtenir une épaisseur de chaussée plus grande.

Nous pouvons admettre qu'il y a compensation, et que l'augmentation de $0^m.11$ sur le milieu représente une hauteur de matériaux de $0^m.11$ seulement sur toute la largeur de la chaussée.

La chaussée aurait donc gagné $28\,600^m \times 6^m \times 0^m.11$. . .	$18\,876^{m.c.}$
Le cube total employé étant de.	45 000
Il resterait pour la consommation, dans l'intervalle de trois ans et demi.	$26\,124^{m.c}$

Soit, par année et par kilomètre, $\frac{26\,124^{m.c.}}{28.6 \times 3.5} = 261$ mètres cubes.

La fréquentation moyenne ayant été de 375 colliers, on en déduit que la consommation annuelle de matériaux par kilomètre et par cent colliers, a été de $\frac{261^{m.c.}}{3.75} = 69^{m.c.}.60$.

Pour la route royale n° 70, on a employé dans l'intervalle des sondages :

Tant en fournitures ordinaires qu'en régie.	$7\,772^{m.c.}$
En fournitures extraordinaires.	11 351
	19 123
A ajouter, pour dons par les particuliers, environ.	77
Total.	$19\,200^{m.c.}$

L'épaisseur moyenne, au milieu de la chaussée, a été trouvée :

En août 1837, de.	$0^{m}.107$
Au commencement de 1841, de.	$0^{m}.157$
Augmentation.	$0^{m}.05$

Supposons (par les mêmes raisons que ci-dessus) que la chaussée ait gagné une hauteur de matériaux de $0^{m}.05$ sur toute sa largeur :

Elle aura donc gagné en tout $21\,000^{m} \times 6^{m} \times 0^{m}.05$. . . .	$6\,300^{m.c.}$
Le cube total employé étant de.	19 200
Il reste pour la consommation, dans l'intervalle de trois ans et demi.	$12\,900^{m.c.}$

Soit, par année et par kilomètre, $\frac{12\,900^{m.c.}}{21 \times 3.5} = 175^{m.c.}.51$.

La fréquentation moyenne ayant été de 400 colliers, on en déduit que la consommation annuelle de matériaux, par kilomètre et par 100 colliers, est de $\frac{175^{m.c.}.51}{4.00} = 43^{m.c.}.88$.

Les chiffres d'usure que nous venons d'établir par la *méthode des épaisseurs*, pour les parties fatiguées des routes royales n°s 67 et 70, offrent une concordance satisfaisante avec les chiffres que nous a donnés la méthode qui consiste à calculer l'usure des chaussées, d'*après le volume des détritus recueillis*.

Les matériaux d'entretien des deux routes peuvent être considérés moyennement comme d'égales qualités : les chiffres précédents donnent, comme conséquence, que l'usure des 100 colliers de la route royale n° 67 est à celle des 100 colliers de la route royale n° 70, dans le rapport de $69^{m.c.}.6$ à $43^{m.c.}.88$; en nombres ronds, dans le rapport de 1.60 : 1.

D'après les volumes de détritus recueillis, le rapport serait encore plus considérable (2 : 1).

La route royale n° 67 est principalement fatiguée par le gros roulage; la route royale n° 70 n'est guère fréquentée que par du petit roulage consistant principalement en voitures à jantes étroites.

Je vais encore rapporter une application de la méthode des épaisseurs, surtout pour montrer, *par le fait*, que la consommation des matériaux est énorme sur les parties de routes fatiguées. Il s'agit du lot de la route royale n° 67, qui précède le port de Gray, d'une longueur d'empierrement de 5 700 mètres; au gros roulage de la Haute-Marne vient s'adjoindre un roulage local assez intense. Nous avons fait pratiquer des fouilles au milieu de la chaussée dans le mois d'août 1843, comme on en avait pratiqué au mois d'août 1837, à l'intervalle de six ans.

La quantité de matériaux totale, employée dans cet intervalle de temps, sur une longueur de 5 700 mètres, s'élève à 12 000 mètres cubes (*douze mille mètres cubes!*).

L'épaisseur moyenne, au milieu de la chaussée, a été trouvée :

En août 1837, de.	$0^m.082$
En août 1843, de.	0^m 138
Augmentation.	0^m 056

Mais cette augmentation n'a certainement pas eu lieu sur toute la largeur de la chaussée; il faudrait donc la diminuer : d'un autre côté, il faudrait l'augmenter pour avoir la hauteur des matériaux neufs équivalents. Nous admettrons donc, comme ci-dessus, qu'il y ait compensation, et que la chaussée ait gagné une hauteur de matériaux de $0^m.056$ sur toute sa largeur.

La chaussée aura donc gagné en tout $5\,700^m \times 6^m \times 0^m.056$.	$1\,915^{m.c.}$
Le cube total employé était de.	12 000
Il reste pour la consommation, dans l'intervalle de six ans.	$10\,085^{m.c.}$

Soit, par année et par kilomètre, $\frac{10\,085^{m.c.}}{5.7 \times 6} = 294^{m.c.}.9$.

La fréquentation moyenne étant de 490 colliers, on en déduit que la consommation annuelle de matériaux, par kilomètre et par 100 colliers, a été $\frac{294^{m.c.}.90}{490} = 60$ mètres cubes.

Cet exemple me paraît tout à fait concluant, car il ne

peut y avoir d'erreur sensible sur les épaisseurs de chaussées. Au mois de mars dernier, on a trouvé une épaisseur moyenne de $0^m.13$; ce qui tend à confirmer l'épaisseur de $0^m.138$ trouvée en août 1843.

Quant à l'épaisseur de chaussée de 1837, elle ne saurait guère être inférieure à huit centimètres : si elle était alors réellement supérieure à $0^m.082$, la consommation de matériaux dans l'intervalle des six années n'en deviendrait que plus considérable. Ainsi, sur la partie de la route que nous considérons, chaque kilomètre de route consomme annuellement *deux cent quatre-vingt quinze mètres cubes* de matériaux : il serait superflu et presque dérisoire de faire observer longuement que l'*emploi continu du balai* (voire même *des machines soufflantes* à inventer) ne pourrait servir ici de panacée contre une pareille usure.

Au mois d'août prochain, nous ferons pratiquer de nouvelles sondes sur les chaussées de toutes nos routes : nous possédons les cahiers de sondes pratiquées en août 1837 et au commencement de 1841.

Nous ferons le relevé des matériaux employés dans l'intervalle des sept années, et nous comparerons les résultats que nous obtiendrons ainsi avec les chiffres de la fréquentation et l'usure déduite du volume des détritus recueillis.

On pourrait agir ainsi pour chaque partie de route ; mais, nous le répéterons, la méthode des épaisseurs n'est suffisamment exacte que pour les routes consommant une grande quantité de matériaux. Pour les routes peu fatiguées, la méthode pourrait donner des résultats tout à fait erronés.

Quand la méthode des épaisseurs est applicable, remarquons qu'elle tient compte de toutes les circonstances principales ou secondaires qui contribuent à l'usure ; seulement, pour qu'on en puisse déduire les besoins présents

d'une route, elle suppose que ces circonstances soient restées les mêmes.

Toutefois, on ne peut disconvenir que cette méthode, même perfectionnée, en prenant les profils en travers de la chaussée avec plus de précision, ne serait que d'une application peu usuelle.

Il faut pouvoir y substituer ou y joindre une méthode plus prompte, plus facile, d'une application plus commune : on a déjà pressenti que nous voulions parler de la méthode qui consiste à calculer l'usure des chaussées d'après le volume des détritus recueillis.

MM. Bardonnaut et Dupuit paraissent être les premiers qui aient mis cette méthode en pratique. Nous citerons d'abord un passage de l'écrit de M. Dupuit. Après avoir reconnu les difficultés et l'incertitude que l'on éprouve dans l'évaluation de la fréquentation et de la qualité des matériaux, il ajoute : « Nous croyons devoir insister de » nouveau sur les expériences qui donnent directement » l'usure des routes ; en soumettant à des expériences » semblables à celles que nous avons décrites, plusieurs » kilomètres de chaque route, là où la fréquentation et la » qualité des matériaux changent, on arrivera à connaître » directement l'usure sur chaque point. Remarquons que » par ce procédé, on tient compte de toutes les circon- » stances qui influent sur cette usure, et que nous avons » été obligé de négliger, telles que le climat, l'expo- » sition, etc. »

Nous allons maintenant décrire ces expériences, en y joignant les observations que notre pratique personnelle nous a suggérées.

Ces expériences consistent à tenir note des volumes successifs de détritus (boue ou poussière) qu'on enlève sur une certaine longueur de chaussée pendant une année entière, et à les conserver emmétrés, pour qu'on puisse faire la vérification des métrés partiels. A l'époque où l'on

commence l'expérience, il faut nettoyer la chaussée, et ne tenir note que des volumes de détritus recueillis postérieurement, pour le calcul de l'usure annuelle.

On doit avoir au moins une expérience sur chaque division de route où la fréquentation et la qualité des matériaux changent d'une manière sensible. La longueur de chaque partie en expérience doit varier suivant la fatigue de la route et la qualité des matériaux, c'est-à-dire suivant la quantité de matériaux usés annuellement. Pour les routes fatiguées, une longueur de 200 à 250 mètres est suffisante; pour les routes médiocrement fréquentées, il est convenable de prendre un kilomètre ou au moins un demi-kilomètre de longueur. Pour lieux d'expériences, on doit choisir généralement, et autant que possible, des parties en plaine, dans un état d'entretien au moins assez bon, éloignées des traversées et sur les stations des chefs-cantonniers ou de cantonniers intelligents.

Pour chaque partie en expérience, on doit remplir un tableau d'après le modèle suivant :

Nos DES EXPÉRIENCES. — DÉSIGNATION des routes et parties de routes. — LONGUEUR DE LA PARTIE en expérience.	INDICATION des opérations faites.	DATES des vérifications ou métrés.	DÉTRITUS recueillis.			RENSEIGNEMENTS et OBSERVATIONS.	
			Boue.	Poussière.	Total.	Matériaux employés.	

Dans la colonne *des renseignements et observations*, outre les quantités de matériaux successivement employées, on doit indiquer la composition, la largeur et l'épaisseur de la chaussée, son état, la nature et la qualité des matériaux d'entretien. On doit aussi donner le chiffre du roulage avec ses diverses espèces ; et il est indispensable de connaître le poids d'un mètre cube : 1° de pierre cassée ; 2° de boue sèche, et 3° de poussière.

Au bas du tableau, si la longueur de la partie en expé-

rience n'est pas d'un kilomètre, on rapporte les quantités totales de détritus recueillis soit, boue, soit poussière, et de matériaux employés, à ce qu'elles seraient, si la longueur avait été d'un kilomètre.

Justifions maintenant ces prescriptions :

Il ne suffit pas de connaître le volume de détritus recueillis ; ce qu'il importe de connaître, c'est le poids ; car, dans un système d'entretien normal, pour que l'épaisseur de la chaussée reste la même, il faut remplacer le poids de détritus *enlevés* par un même poids de matériaux neufs. Dans le tableau récapitulatif que nous donnons ci-dessous, en multipliant le volume de boue ou de poussière enlevée, par le rapport du poids de 1 mètre cube de boue sèche ou de poussière au poids de 1 mètre cube de pierre cassée, on obtient le volume de matériaux équivalents au volume de boue ou de poussière enlevée, et par le total, le volume de matériaux équivalents au volume de détritus enlevés. Il importe donc que les détritus soient toujours cubés et pesés sous le même état. Pour la poussière, il n'y a pas de difficultés ; on la cube et on la pèse après qu'elle a été recueillie. Pour la boue, il y a quelques précautions à prendre, et il est convenable de la cuber et de la peser aussitôt qu'elle est à peu près convenablement desséchée. Il est presque inutile de dire qu'on recommande aux cantonniers de ne pas emmétrer, autant que possible, avec les détritus de la chaussée, les matières étrangères, telles que feuilles, pailles, déjections des animaux : du reste, et principalement sur les parties de routes fatiguées en rase campagne, ces matières ne peuvent entrer que pour *une faible proportion de poids* dans les détritus de la chaussée.

Autant que possible aussi, les parties en expérience sur les routes peu fréquentées doivent être assez éloignées de chemins ruraux boueux ; cette prescription ne serait pas aussi utile sur les routes fatiguées. Du reste, les pluies et

les vents enlèvent une proportion du poids des détritus plus grande que celle provenant des matières étrangères; aussi des expériences sur des parties en pente donneraient-elles des résultats trop faibles (1), et pour que le volume de détritus observés ne soit pas trop inférieur au volume de détritus réellement formés, il importe que sur les parties en expérience, le raclage et le balayage soient faits assez fréquemment, sans qu'ils soient faits plus souvent que sur les parties de routes voisines, et évidemment sans attaquer la chaussée. Il importe aussi que les vérifications ou métrés suivent de très-près les opérations faites : avec cette dernière précaution d'ailleurs et des expériences continuées pendant un certain nombre d'années, on pourra, au moyen des cahiers d'expérience, déterminer l'usure propre à chaque saison.

On sait, toutefois, que souvent et surtout pour les chaussées entretenues avec des matériaux siliceux, les détritus apparents et recueillis à une époque ont été formés antérieurement, et se sont, pour ainsi dire, conservés à l'*état latent*.

La quantité de matériaux employés successivement dans l'année doit être notée avec soin ; c'est pour l'exactitude et les conséquences de ces expériences un point capital, auquel on n'a pas assez fait attention jusqu'ici. Citons d'abord un passage de la circulaire du 25 avril 1839, sur l'entretien des routes : « Lorsque l'entretien est dans » son état normal, il faut qu'il y ait une compensation » exacte entre le poids de ce qu'on fait entrer dans la » chaussée, et le poids qu'on en retire. Mais il n'est pas » nécessaire que ce poids soit tout entier en matériaux ; » car une chaussée, même parfaite, contient encore beau- » coup de détritus, qui sont essentiels pour en remplir

(1) M. Bardonnaut dit : « que des routes en pente paraissent s'user moins que les routes en plaine. » Nous pensons que dans un bon système d'entretien, l'usure doit être sensiblement la même.

» tous les vides..... On peut donc ajouter aux matériaux » qu'on emploie une certaine quantité de détritus qui, » mélangée avec eux ou les recouvrant, en facilitera la » prise, évitera des cahots aux voitures et des chocs aux » matériaux. L'emploi judicieux du détritus peut donc ap- » porter une assez grande économie dans la dépense des » matériaux. »

L'instruction du 25 avril doit être exécutée maintenant par la plupart des ingénieurs ; dans tous les cas, elle l'est certainement par les ingénieurs qui s'occupent de routes et qui se livrent ou voudraient se livrer à des expériences sur l'usure des chaussées. Si donc on emploie une quantité de matériaux plus grande que celle correspondant à l'entretien normal; avec l'excédant de matériaux employés, on aura mélangé un excédant de détritus dont on ne pourra pas tenir compte dans l'usure annuelle normale. Lors même que les matériaux ne seraient pas recouverts de détritus, pour que la prise puisse avoir lieu, ils n'en dissimuleraient pas moins une certaine quantité de détritus formés à leurs propres dépens, ou provenant des parties voisines de la chaussée.

L'usure observée paraîtrait donc plus faible que l'usure normale.

Au contraire, si l'on employait une quantité de matériaux plus faible que celle correspondant à l'état normal, on comprendrait dans l'usure annuelle la proportion de détritus qu'on aurait mélangée avec les matériaux en déficit : sous ce rapport, l'usure observée paraîtrait donc plus forte que l'usure normale.

Ce que nous venons de dire s'applique surtout aux chaussées médiocrement ou peu fatiguées, attendu qu'alors le rapport entre la quantité de matériaux employés et celle correspondant à l'entretien normal, peut être beaucoup plus grand ou plus petit que l'unité. En tenant compte de cette observation et aussi des influences di-

verses qu'exercent sur l'usure les diverses espèces de roulage, on peut s'expliquer certaines anomalies que présentent les cahiers d'expériences.

A ce propos, nous ferons une remarque sur le chiffre d'usure annuelle par kilomètre et par cent colliers, qu'indique M. Dupuit dans ses *Considérations sur les frais d'entretien des routes* (2).

Six expériences faites sur des routes de la Sarthe lui ont donné une moyenne de 55 mètres cubes, et il ajoute : « Il s'agit ici de 55 mètres cubes de détritus, qui, d'après » les poids comparés des matériaux, représenteraient un » sixième en sus de matériaux. Mais, à cause des matières » étrangères que ces détritus peuvent contenir, nous ne » tiendrons pas compte de cette correction ; nous réduirons même, si l'on veut, cette usure de 55 mètres cubes » à 50 mètres cubes ; il n'en résultera pas moins que cette » usure ne diffère pas beaucoup de la quantité de matériaux qu'on employait autrefois, et qu'elle *n'est guère* » *que le quart de ceux qu'on emploie aujourd'hui.* »

Je conclus de là que dans ses expériences de la Sarthe, M. Dupuit enlevait et observait une plus grande quantité de détritus que celle correspondant à l'entretien normal, en n'employant que le quart ou le tiers des matériaux correspondant à l'entretien normal, d'autant que, dans le système d'entretien suivi antérieurement, on n'enlevait pas soigneusement ces détritus. D'après ce que nous a dit M. Dupuit lui-même du collier de la Sarthe, et par comparaison avec les résultats que nous avons obtenus dans nos expériences des arrondissements de Sézanne (Marne) et de Gray (Haute-Saône), nous ne serions pas surpris que, dans le département de la Sarthe, l'usure annuelle de matériaux par kilomètre et par cent colliers dût être réduite au-dessous de 40 mètres cubes.

---

(2) *Annales des Ponts et Chaussées*, 2e série, tome III, p. 38.

Dans la colonne des renseignements et observations, on doit indiquer aussi la composition, l'épaisseur et l'état de la chaussée : si la chaussée avait une épaisseur trop faible, et qu'elle commençât à se défoncer en quelques points, si sa composition était telle qu'une partie du sous-sol pût surgir à la surface, alors les volumes recueillis donneraient des résultats exagérés. Mais on sait qu'avec les procédés d'entretien prescrits, on peut conserver en bon état de viabilité sur des routes même fatiguées, des parties de chaussées dont l'épaisseur est très-faible, surtout lorsqu'elles sont formées avec des matériaux calcaires dont la compacité est plus grande que celle des matériaux siliceux. Nous pourrions citer pour exemples d'assez grandes longueurs des parties fatiguées de nos routes royales n°s 67 et 70, où l'épaisseur de la chaussée ne dépasse pas dix centimètres.

A la fin de l'année d'expériences sur l'usure des routes, on réunit toutes ces expériences en cahier, et on le termine par un tableau récapitulatif, où l'on résume tous les renseignements qu'il est nécessaire ou convenable de connaître. Ce tableau peut être dressé conformément au modèle suivant :

(*Voir* le tableau, page 166.)

DÉPARTEMENT

d

—

ARRONDISSEMENT

d

ÉTAT RÉCAPITULATIF.

Résultats des expériences sur l'usure des routes, ramenés à l'unité de distance (le kilomètre) et à l'unité de fatigue (100 colliers), pour l'année 184 .

DÉSIGNATION DES ROUTES et PARTIES DE ROUTES.	NUMÉROS des kilomètres en expérience.	NUMÉROS d'ordre des expériences.	USURE ANNUELLE par kilomètre, en détritus.			POIDS D'UN MÈTRE CUBE de			QUANTITÉ DE MATÉRIAUX équivalente au cube de détritus annuels par kilomètre,		
			Boue.	Poussière.	Total.	pierre cassée.	boue sèche.	poussière.	en boue.	en poussière.	Total.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

FRÉQUENTATION journalière exprimée par le nombre des colliers.	USURE annuelle en détritus.	QUANTITÉ de matériaux équivalente à l'usure annuelle en détritus.	RENSEIGNEMENTS.				OBSERVATIONS.
	par kilomètre et par 100 colliers.		NATURE dominante du roulage.	NATURE et qualité des matériaux d'entretien.	QUANTITÉ DE MATÉRIAUX employés dans l'année.		
					Par kilomètre.	Par kilomètre et par 100 colliers.	
13	14	15	16	17	18	19	20

MM. Bardonnaut et Dupuit ont déjà répondu aux objections que MM. Dumas et Dugué, ingénieurs de la Sarthe, ont faites contre ce mode d'expériences. J'ajouterai que sur des routes dont la largeur entre fossés n'est que de 9 à 12 mètres, avec une largeur de chaussée de 5 à 6 mètres, et des accotements embarrassés de matériaux, il arrive assez rarement que les voitures fréquentent les accotements : la chaussée me paraît alors devoir donner aux accotements plus que ceux-ci ne lui rendent.

On choisit les parties en expérience hors de l'influence des chemins ruraux et des traverses de villages : les boues apportées par les roues, les pailles, les déjections des animaux, etc., ne pourraient d'ailleurs altérer sensiblement les résultats de l'usure que pour les chaussées peu fréquentées. Sur ces dernières, le raclage et le balayage de la boue et de la poussière ne sont pas aussi fréquents ; les pluies et les vents peuvent donc y enlever une plus grande quantité de détritus proportionnellement; d'ailleurs, on peut y employer une trop grande ou une trop faible proportion de matériaux. Si l'on veut comparer l'usure réelle avec la fréquentation, d'assez petites erreurs dans l'usure ou la fréquentation peuvent altérer les résultats dans une notable proportion.

Il y a donc en effet plus de chances d'erreur sur les routes peu fatiguées : cependant ce n'est pas une raison pour qu'on y renonce aux expériences sur l'usure ; mais elles devront être suivies avec des soins et une précision extrêmes, et encore il restera toujours un peu d'incertitude. Sur les routes fatiguées, il y a moins de chances d'erreur, les expériences y sont bien plus concluantes.

Le tableau récapitulatif n° 2 (*voir la fin du mémoire*), que nous donnons de notre première année d'expériences dans l'arrondissement de Gray, montre que sur les routes fréquentées (les routes royales), les résultats sont assez

concordants entre eux, et que sur les routes départementales il y a plus de variations, plus d'anomalies.

Nous l'avons déjà dit, le principal but des expériences sur l'usure des chaussées est de faire connaître le poids des matériaux usés annuellement par kilomètre, de telle sorte que, dans un système d'entretien normal, on remplace le poids des matériaux usés par un égal poids de matériaux neufs. Mais sur les routes peu fatiguées, les expériences que nous venons de décrire, comme la méthode des épaisseurs, peuvent encore donner des résultats incertains. Il faut pouvoir contrôler ces résultats par ceux obtenus sur les routes fréquentées; il faut pouvoir obtenir l'usure des unes par la connaissance de l'usure des autres.

D'ailleurs, il est convenable que les expériences sur les routes fatiguées puissent être contrôlées soit dans un même département, soit sur tout le territoire.

Alors on peut se servir des principes de M. Dupuit, à savoir :

Que la quantité de matériaux usés est proportionnelle : { 1° à la fréquentation ou fatigue; 2° à la qualité des matériaux.

Malheureusement, la comparaison n'est pas toujours facile, parce que la fréquentation ne représente pas d'une manière simple la fatigue réelle d'une chaussée, parce que les qualités des matériaux sont différentes et d'une évaluation difficile.

Dans les instructions du 9 avril, relatives à la circulation sur les routes, on a distingué diverses espèces de voitures :

« Voitures non suspendues { De roulage régulier; D'agriculture locale et autres.

» Voitures suspendues. . . { Pour marchandises et objets d'une nature quelconque; Entreprises régulières pour voyageurs; Particulières pour voyageurs.

» Voitures vides. »

Il est évident que le collier de chacune de ces espèces de voitures n'exerce pas la même influence sur l'usure des chaussées : la fatigue réelle de la chaussée ne serait nullement représentée par le nombre total des colliers ; elle le serait un peu moins mal, si l'on ne comptait que pour un tiers les colliers des voitures particulières pour voyageurs et des voitures vides. Elle le serait mieux encore par le tonnage si l'on connaissait le poids tiré par le collier de chaque espèce de voiture. Dans chaque pays, on peut bien connaître approximativement le poids tiré par le collier appartenant aux voitures non suspendues de roulage régulier, et aux voitures suspendues d'entreprises régulières pour voyageurs ; mais les poids tirés par les colliers des autres espèces de voitures sont tout à fait variables, et dans leur évaluation, on pourrait commettre de graves erreurs. D'ailleurs, pour une même qualité de matériaux, l'usure des chaussées n'est point proportionnelle aux poids qu'elles supportent ; ainsi, un chargement unique de 8 000 kilogrammes cause une usure plus grande que huit chargements isolés de 1 000 kilog. chacun. C'est ce qu'on peut déduire des expériences de M. Bardonnaut dans la Haute-Marne ; c'est ce qu'on peut aussi déduire des nôtres dans l'arrondissement de Gray.

Nous avons dit que la route royale n° 67, entre la Haute-Marne et Gray, était principalement fatiguée par le gros roulage ; mais le poids tiré par un collier du gros roulage n'est pas aussi considérable qu'on pourrait le croire. D'après un relevé que nous avons fait sur le registre du pont à bascule de Gray, en prenant 50 procès-verbaux de contravention pour surcharge, 305 chevaux attelés ou colliers, tiraient un poids total de 325 920 kilogrammes, tandis que, d'après les poids autorisés suivant la largeur des jantes (tolérance comprise), le poids total n'aurait été que de 304 300 kilogrammes. Chaque collier en contravention tirait donc 1 068 kilogrammes, tandis que, d'a-

près les poids autorisés, si le nombre de colliers était resté le même, chaque collier n'aurait tiré que 998 kilogrammes (il est vrai que ce pays est assez montueux).

Sur la route n° 70, la fréquentation consiste principalement en voitures à jantes étroites d'un assez long parcours. Chacune d'elles était représentée dans les comptages par un seul collier, et le chargement total (véhicule compris) est moyennement de 1 000 kilogrammes.

Or, nous avons trouvé, soit par la méthode des épaisseurs, soit par les expériences sur l'usure, pour des qualités de matériaux sensiblement les mêmes, que cent colliers de la route royale n° 67 causaient une usure au moins de moitié plus grande que l'usure causée par cent colliers de la royale n° 70. Nous devons donc conclure que l'usure des chaussées n'est pas proportionnelle au poids supporté, et qu'il y aurait avantage, dans l'intérêt de la conservation des routes, à diviser les chargements.

On conçoit que lorsqu'on aura continué pendant plusieurs années les expériences dont nous avons parlé sur des routes fatiguées par diverses espèces de roulage, et où les qualités de matériaux sont sensiblement les mêmes, on pourra, d'une manière suffisamment exacte, apprécier l'influence de tel attelage, de telle largeur de jante sur l'usure des chaussées, et alors on pourra réglementer le roulage en connaissance de cause. D'après ce que nous avons dit, on ne peut que regretter que l'art. 3 de la loi du 7 ventôse an XII, qui condamne à 50 francs d'amende les voitures à jantes étroites (de moins de $0^{m}.11$), attelées de deux chevaux, n'ait pas été aboli : on doit le regretter d'autant plus, que ces voitures appartiennent à l'agriculture, et que souvent il n'y a pas la charge de deux chevaux ordinaires. Il est bien certain qu'un chargement de 2 000 à 3 000 kilogrammes au plus, qu'on punit par une amende de 50 francs, cause une usure beaucoup

moindre que des chargements de 4 700 à 8 400 kilog., qu'on laisse circuler impunément.

Nous ne demandons pas qu'on empêche de circuler les chargements de 4 700 à 8 400 kilogrammes ; mais tout au moins qu'on s'empresse d'accorder une grande latitude, si ce n'est une latitude indéfinie, aux faibles chargements.

Il semblerait d'abord que, pour apprécier l'influence des diverses espèces de colliers (et aussi des chevaux non attelés, des bêtes de somme, etc., quand ils sont nombreux), il suffirait d'avoir un nombre d'expériences, et par suite, un nombre d'équations, au moins égal au nombre des inconnues à dégager ; mais en opérant ainsi, l'on pourrait, pour quelques-unes des inconnues, arriver à des résultats erronés ou même absurdes. On le concevra, si l'on réfléchit d'une part, que les qualités des matériaux ne sont pas mathématiquement les mêmes ; d'autre part, que les expériences ne peuvent être faites, et que la *fréquentation* ne peut être connue avec une exactitude mathématique : si donc, des colliers d'une certaine espèce n'apparaissaient dans les équations qu'en petit nombre, ou si leur influence était faible, comme celle, par exemple, des colliers vides, des voitures de maître, etc., leur action totale pourrait être au-dessous de la limite des erreurs des observations. Il n'y aurait donc alors rien d'étonnant qu'on arrivât, par la résolution rigoureuse de plusieurs systèmes d'équations simultanées, à des résultats erronés ou absurdes.

On doit plutôt agir par tâtonnement, par comparaison, en choisissant des expériences où les colliers de certaines espèces dominent, de telle sorte qu'on puisse négliger les colliers des autres espèces, ou plutôt évaluer approximativement leur influence sans qu'une erreur dans cette évaluation puisse altérer sensiblement les valeurs des principales inconnues.

Avec un grand nombre d'expériences, continuées pen-

dant plusieurs années sur des chaussées où les matériaux d'entretien sont sensiblement d'égales qualités, on pourra donc aprécier l'influence de chaque espèce de collier sur l'usure. Réciproquement, quand on pourra mesurer l'influence des diverses espèces de colliers, en la rapportant à une même unité, on comparera les qualités (sous le rapport de l'entretien) des diverses espèces de matériaux.

Au bout d'un certain nombre d'années, ces expériences pourront aussi faire connaître comment l'usure varie suivant les saisons et le climat, suivant les divers systèmes d'entretien, suivant la largeur des chaussées, etc.

La circulaire du 9 avril 1844 a dit du relevé général de la circulation : que ses conséquences étaient de nature » à porter la lumière dans une foule de questions obscures » et difficiles, pour lesquelles on ne possède pas encore » aujourd'hui de solutions complètes » ; à plus forte raison, pourra-t-on obtenir ces conséquences tant désirables, en ce qui concerne les routes et le roulage, si les relevés de la circulation sont accompagnés d'expériences directes sur l'usure des chaussées.

Nous avons dit avec quelles précautions et sous quelles conditions ces expériences devaient être faites : nous engageons donc fortement les ingénieurs à s'occuper le plutôt possible de ces expériences.

La circulaire du 9 avril 1844, indique que dans le choix des points où doivent être placés les agents chargés des comptages, on doit satisfaire à la condition « que l'on » puisse considérer les relevés qni y auront été obtenus » comme applicables à une certaine longueur de route, » située ordinairement partie en deçà, partie au-delà. »

Sur chacune de ces parties de routes, on doit ouvrir au moins une expérience; on en ouvrirait plusieurs s'il y avait des qualités différentes de matériaux.

Nous avons donné les moyens de connaître la quantité de matériaux usés annuellement par kilomètre de route :

dans un système normal d'entretien, on devrait employer la même quantité de matériaux neufs.

Connaissant le prix d'un mètre cube de matériaux bruts et le prix du cassage, on déduira la dépense en fournitures de matériaux cassés. Il s'agit maintenant de rechercher quelle sera la dépense de main-d'œuvre additionnelle? Chaque mètre cube de matériaux cassés, sera employé par le cantonnier; puis enlevé ultérieurement par lui sous forme de détritus, soit en boue, soit en poussière. Chaque mètre cube de matériaux ainsi employés et usés exige un certain *temps*. On conçoit que ce temps puisse éprouver quelques variations suivant que les matériaux seront en plus ou moins grande quantité, et par suite plus ou moins rapprochés des lieux d'emploi suivant que leur prise est plus ou moins facile, suivant le mode d'emploi, le degré de propreté qu'on exige, etc.

Il y a d'ailleurs des ouvrages accessoires, consistant principalement en terrassements, c'est-à-dire dans l'entretien des accotements, fossés et talus : ils augmentent avec la quantité de matériaux consommés annuellement, mais ils ne leur sont pas proportionnels; ils croissent dans une moindre proportion.

Toutefois nous devons dire que si la quantité de matériaux consommés annuellement dépasse une cinquantaine de mètres par kilomètre, la dépense des ouvrages accessoires ne doit plus être que de $\frac{3}{10}$ à $\frac{1}{10}$ environ de la dépense totale de main-d'œuvre (sans y comprendre le cassage).

L'enlèvement des détritus et l'emploi des matériaux constituent donc la plus grande partie du temps dépensé par mètre cube de matériaux consommés.

Nous avons voulu savoir quel était ce temps pour divers systèmes d'entretien et pour divers départements (nous rappelons que nous supposons quant à présent, que le temps du cassage n'y est pas compris : c'est une distinc-

tion indispensable, quand on veut comparer les résultats indiqués par divers ingénieurs).

D'après un article de M. Bardonnaut, inséré aux *Annales* (1842, 4e cahier), en consultant son tableau n° 9, on voit que pour ses routes royales il ne demandait moyennement par *mètre cube* de matériaux qu'*une* journée de main-d'œuvre. Pour les diverses parties, les variations sont de 0j.92 à 1j.14. Pour ses routes départementales il demandait moyennement 1j.11, avec des variations entre 0j.97 et 1j.38. Nous devons dire que quelques parties de ces routes sont excessivement fatiguées, que d'autres le sont très-peu; que toutes sont généralement entretenues avec des matériaux calcaires de médiocre qualité dont la prise est facile.

Toutefois, nous répéterons encore ce que dit M. Dupuit dans son article de 1843 (1er cahier); après avoir annoncé que dans la Sarthe avant 1837, on mettait *une* journée d'ouvrier seulement par mètre cube : « Avec une » journée seulement, il est impossible que le mètre cube » de matériaux soit employé par petites flaches avec les » soins convenables, que la boue et la poussière soient » enlevées par petites quantités; il faut nécessairement » avoir recours aux grands emplois, aux emplois par or- » nières; attendre des épaisseurs de boue et de poussière » déjà nuisibles aux voyageurs..... » (3).

Un extrait d'un *rapport de tournée* (1832) *de M. Lemasson, ingénieur en chef du département de la Moselle* (Annales 1834, 2e semestre), fournit les renseignements suivants :

---

(3) Nous serions peiné que M. Bardonnaut pût considérer notre citation comme une critique du système qu'il suit. Il est chargé de routes très-fatiguées; on lui alloue sans doute des crédits insuffisants, il ménage le plus possible la main-d'œuvre; c'est agir avec sagesse, avec abnégation d'amour-propre; d'autres à sa place sacrifieraient peut-être le fond à la forme, c'est-à-dire useraient plus vite la chaussée et soigneraient mieux la surface.

La fréquentation moyenne en 24 heures est de 303 colliers, savoir : 207 à charge et 96 à vide. En comptant les colliers des voitures vides pour un tiers, le chiffre de la fréquentation serait exprimé par 239. On employait moyennement par kilomètre de route $\frac{347^{m.c.}}{4} = 86^{m.c.}.75$ de matériaux [ce qui donne par kilomètre et par cent colliers $\frac{86^{m.c.}.75}{2.39} = 36^{m.c.}.3$; mais nous croyons savoir qu'on ne remplaçait pas l'usure]. Les matériaux d'entretien consistaient en calcaire oolitique, gravier de la Moselle, muschelkack, calcaire à gryphites, etc. La dépense moyenne de main-d'œuvre par kilomètre était de $\left(\frac{934^{fr}.90}{4}\right) = 233^{fr}.725$, sans y comprendre le cassage, le nettoyage et l'emmétrage des matériaux, et évidemment sans y comprendre la dépense pour entretien des ouvrages d'art.

Le salaire moyen des ouvriers manœuvres par jour était de. . .		$1^{fr}.10$
Idem	des cantonniers par jour de travail.	$1^{fr}.40$

Mais on employait un grand nombre de journées d'ouvriers manœuvres ou auxiliaires, puisque sur les routes très-fréquentées les longueurs des stations étaient encore de 3 à 4 000 mètres. De ce mode, il devait résulter une certaine perte de travail que nous évaluerons, en supposant que la journée de l'auxiliaire de $1^{fr}.10$ revenait à $1^{fr}.40$ comme celle du cantonnier.

La dépense de main-d'œuvre par kilomètre représentait donc $\frac{233^{j}.725}{1.40} = 166^{j}.94$ de travail. On dépensait donc par mètre cube de matériaux $\frac{166^{j}.94}{86.75} = 1^{j}.92$ de main-d'œuvre, environ *deux* journées.

A la fin de l'*Extrait*, etc., M. Emmery disait : « Or,

» avec cette dépense moyenne, les routes du département
» de la Moselle sont arrivées au moyen des soins apportés
» dans toutes les parties de leur entretien, *à ne pré-*
» *senter jamais de traces d'ornières*, même de $0^m.03$ de
» profondeur. Les accotements sont en général assez bien
» dressés ; les fossés à peu près partout ouverts et en état
» d'assécher les routes. Et tous les ingénieurs qui ont
» visité ce département s'accordent à classer les routes de
» la Moselle au nombre des routes les *mieux entretenues*
» *et le plus constamment bonnes de France.* »

Dans ses nombreuses brochures, M. Berthault-Ducreux, qu'on ne saurait trop louer de son zèle ardent pour les routes, n'a jamais défini d'une manière bien précise ce qu'il dépensait en matériaux et en main-d'œuvre, ou ce que l'on devait dépenser. Nous en sommes à peu près réduit aux conjectures.

Dans une brochure de 1834, M. Berthault disait : « De
» bons empierrements paraissent n'exiger annuellement
» par lieue qu'environ un mètre cube par chaque collier
» de fatigue journalière ». Ce qui ne donnerait que 25 mètres par kilomètre et par 100 colliers.

Dans son ouvrage *sur les propriétés des routes*, M. Berthault indique que la consommation de matériaux par kilomètre et par centaine de tonnes de 1 000 kilogrammes doit être de 35, 40 et 45 mètres cubes en bonne pierre, suivant les climats (4).

Dans son *Essai d'un traité sur l'entretien* (page 61 de la 1re partie), M. Berthault indique que, pour une route à l'état normal, qui n'aurait que 10 mètres de largeur, et dont le tonnage journalier serait (véhicule compris) de 100 tonneaux, un cantonnier (*chargé du cassage*) peut

(4) On voit qu'en 1834 M. Berthault lui-même n'avait pas d'idées bien arrêtées sur l'usure des chaussées ; ce qui serait une nouvelle preuve, suivant son propre dire, que *l'art de l'entretien n'est encore qu'à l'état d'enfance.*

tretenir 3 kilomètres. Ce qui donne 100 journées de ain-d'œuvre (cassage compris) par kilomètre et par o colliers, équivalents chacun à une tonne. La fourni- re annuelle de matériaux pour ce kilomètre étant de m.c. .50 de bonne pierre, il en résulte qu'on dépense par ètre cube $\frac{100\,j.}{37.50} = 2^j.67$. Le cassage de chaque mètre be de bonne pierre doit exiger au moins 1 jour. Il res- a pour la main-d'œuvre proprement dite (cassage non mpris), *par mètre cube*, $1^j.67$ (*une journée deux rs*).

Dans ses *Considérations*, etc., M. Dupuit pense que la che du cantonnier (*sans auxiliaires et sans cassage*) doit être à peu près de 200 mètres cubes par an : inu- tile de répéter qu'une foule de causes secondaires peu- vent faire varier encore ce nombre de 200, etc. » Ce qui nnerait moyennement, par mètre cube, $\frac{300}{200} = 1^j.50$ main-d'œuvre proprement dite. Dans le département la Marne, dont est chargé M. Dupuit, nous dépensions us d'une journée et demie, nous dépensions même plus deux journées ; ce qui tient à diverses circonstances, u'il est inutile d'indiquer ici.

D'après la notice de M. Crinier sur les chaussées des hamps-Élysées (1843), la dépense actuelle se répartit nsi :

2 780 mètres cubes de cailloutis pour rechargement.	13 900 fr.
6 720 journées de cantonniers.	16 800
Transports de détritus.	5 300
	36 000 fr.

Toutefois, d'après M. Crinier, il faudrait retrancher 1 chiffre de 16 800 fr. 4 000 fr. environ qui se rappor- nt à l'arrachage des grosses pierres, ce qui réduirait ce iffre à 12 800 fr.

Plus loin, il ajoute que les cantonniers sont chargés du

balayage de la chaussée pavée, et que ce travail absorbe $\frac{1}{10}$ de leur temps.

D'après ces renseignements, on trouve que par mètre cube on ne dépense en main-d'œuvre proprement dite que $1^{j}.66$ de cantonnier (*une journée deux tiers*).

Nous avons laissé de côté les transports de détritus, et quoique nous ayons encore défalqué les pertes de temps résultant de l'arrachage des grosses pierres et du balayage de la chaussée pavée, s'il y a d'autres pertes de temps résultant des circonstances locales, il faut remarquer aussi que les distances des dépôts de matériaux aux lieux d'emploi, et des détritus aux lieux de rangement, sont moindres que pour les routes ordinaires : d'ailleurs, les cantonniers n'ont pas à s'occuper de terrassements.

Voyons maintenant ce que dépense en main-d'œuvre, par mètre cube, le système du *nettoyage continu* ou du *maximum de beauté*, introduit et pratiqué par M. Dumas avec tant de succès dans le département de la Sarthe.

M. Dupuit, dans sa *Réponse à l'article de M. Dugué* (1843), donne un tableau de comparaison des dépenses d'entretien d'une route de son ancien arrondissement, avant et après le nouveau système : j'en extrais ce qui suit :

DÉSIGNATION.	DÉPENSES en matériaux.	DÉPENSES en main-d'œuvre.	QUANTITÉS de journées par mètre.
Compte en matières par kilomètre et par 100 colliers.			
Ancien système.	$59^{m.c.}.16$	$61^{j}.55$	$1^{j}.04$
Entretien normal (suivant M. Dugué).	17 .80	123 .52	6 .94

M. Dupuit ajoute : « qu'on me permette de faire re » marquer d'abord ce qui me paraît être le caractère dis

» tinctif des deux systèmes. Avant 1837, on mettait une » journée d'ouvrier seulement par mètre cube, aujour- » d'hui, on en met 7, etc. La proportion actuelle de 7 jour- » nées par mètre cube est évidemment trop forte; pour » moi, elle indique déjà que le cantonnier enlève de la » route, en boue et en poussière, beaucoup plus qu'il ne » remplace en matériaux, etc. »

Mais, précisément parce qu'on ne remplace pas l'usure, dans les $6^{j}.94$, est compris non-seulement le temps nécessaire pour employer un mètre cube de matériaux, et l'enlever ultérieurement sous forme de détritus, mais encore le temps consacré à l'enlèvement des détritus qu'on ne remplace pas. Si les cantonniers de la Sarthe remplaçaient l'usure, et si, par conséquent, ils avaient un peu moins de détritus à balayer; s'ils s'occupaient un peu moins d'ouvrages d'embellissement; s'il s'agissait de routes un peu fréquentées, où le piquage des flaches et le pilonnage des matériaux ne fussent plus aussi souvent nécessaires pour la promptitude de la prise, on peut supposer que, sans que le nombre des cantonniers fût augmenté, et sans compromettre le maximum de beauté, ils pourraient employer l'excédant de matériaux nécessaires pour remplacer l'usure.

M. Dupuit évalue à 50 mètres cubes l'usure réelle de matériaux par kilomètre et par 100 colliers : alors la quantité de journées par mètre serait de $\frac{123^{j}.52}{50} = 2^{j}.47$, soit *deux journées et demie.*

Si l'usure n'était que de $35^{m.c.}.60$, la quantité de journées par mètre serait $\frac{123^{j}.52}{35.60} = 3^{j}.47$, soit trois journées et demie.

Dans les exemples que nous venons de citer, pour divers systèmes d'entretien et pour divers départements, dans un système d'entretien normal ou sensiblement nor-

mal, la dépense de main-d'œuvre proprement dite par mètre cube, varie entre 1 journée et 3j.50. Mais comme nous l'avons dit, une journée par mètre est maintenant insuffisante pour les justes exigences de la circulation, même sur des routes fatiguées et entretenues avec des matériaux de prise facile. Les chiffres de 2j.50 et 3j.50 me paraissent trop considérables, non pas par rapport aux avantages que le système d'entretien qui les dépense, peut procurer à la circulation, mais par rapport aux allocations à espérer du budget. Il est évident qu'en conservant à la circulation des routes propres, unies, *lustrées*, avec des emplois pris immédiatement, la circulation jouit de grands avantages; ces avantages se payent, et nous sommes parmi ceux qui pensent que ces avantages sont de beaucoup supérieurs aux dépenses qu'ils occasionnent. Mais enfin, on ne veut pas ou on ne peut pas les payer, il faut donc nous résigner à la position que l'on nous fait; heureux, trop heureux encore si l'on nous accordait seulement la quantité de matériaux nécessaires pour remplacer l'usure.

D'ailleurs, nous n'admettons pas que, pour un même mode d'enlèvement de détritus et d'emplois, dans les mêmes circonstances, la dépense de main-d'œuvre par mètre cube, soit indépendante de la répartition de cette main-d'œuvre. Nous croyons, au contraire, que cette répartition exerce une influence assez grande, et qu'avec une bonne répartition, on peut produire les mêmes effets plus économiquement. Sans entrer ici dans des développements que ne comporte pas l'objet de cette note, nous dirons, en thèse générale, que sur les 300 jours de travail, les cantonniers doivent être chargés du cassage jusqu'à concurrence de 40 à 100 journées (5), suivant que la route

(5) Pour répondre à des objections contre le cassage, total ou partiel exécuté par les cantonniers, il faut que les matériaux soient approvisionnés le plus tôt possible, et aussi que la fourniture *provisoire* consiste

consomme une plus ou moins grande quantité de matériaux, suivant que les matériaux sont de prise plus ou moins difficile ; que, dans les mêmes conditions, on doit adjoindre aux cantonniers des ouvriers auxiliaires (6), dans la proportion de trois dixièmes à un dixième, par rapport à la dépense de main-d'œuvre proprement dite (cassage non compris).

En suivant ce système, et en le maintenant par une surveillance spéciale bien organisée, nous pensons que, sans atteindre la perfection, on pourra constamment entretenir les routes en bon état, si l'on accorde par mètre cube de matériaux usés de $1^{j}.50$ à 2 journées de main-d'œuvre proprement dite, suivant que la route consomme une ou plus ou moins grande quantité de matériaux, suivant que les matériaux sont de prise plus ou moins facile.

D'après les indications précédentes, on pourra trouver facilement sur chaque route et partie de route, la dépense nécessaire pour payer les cantonniers et les ouvriers auxiliaires, et aussi le nombre de cantonniers. On évaluera d'abord la quantité de journées C que chaque cantonnier doit consacrer annuellement au cassage ; puis la quantité de journées m qu'on veut dépenser en main-d'œuvre proprement dite par mètre cube, et la fraction $\frac{1}{a}$ de cette dernière dépense qu'on veut employer en auxiliaires. Soient d'ailleurs L la longueur de la partie de route en kilomètre ; t l'usure annuelle de matériaux par kilomètre ; x le nombre de cantonniers. Nous aurons l'équation suivante (en

rincipalement en matériaux bruts, que ces pierres brutes ne dépassent as une certaine grosseur ; et comme généralement 1 mètre cube de ierres brutes produit moins que 1 mètre de pierres cassées, et que 'après nos expériences le déchet est de $\frac{1}{30}$ à $\frac{1}{10}$, il faut exiger que les as représentant 1 mètre cube de pierres brutes soient plus gros de 5 à $\frac{1}{10}$.

(6) M. Berthault a reconnu lui-même qu'il y avait souvent opportuité, sur les routes fatiguées, à employer des ouvriers auxiliaires.

supposant que la journée d'auxiliaire revienne au même prix que la journée de travail du cantonnier) :

$$Cx + Lum\left(1 - \frac{1}{a}\right) = 300^{j}.x\,;$$

d'où l'on déduira la valeur de x. Il est à peu près inutile d'ajouter que si la valeur de x n'était pas entière, on prendrait le nombre entier le plus rapproché, en modifiant, soit le nombre de journées consacrées au cassage, soit le nombre de journées d'aides.

D'ailleurs, dans la pratique, il sera plus commode d'opérer un peu par tâtonnement.

$\frac{L}{x}$ sera la longueur moyenne de chaque station. Si c est le temps en journées qu'exige le cassage d'un mètre cube, $\frac{C}{c}$ sera le nombre de tas de pierres brutes que devra casser chaque cantonnier dans son année.

Appelant p le prix du mètre cube de pierre cassée (7), j le prix de la journée de travail du cantonnier, $L.u.p$ sera la dépense totale pour matériaux cassés, laquelle se divisera en deux :

1° $(L.u.p - C.x.j)$, dépenses de fournitures faites par l'entrepreneur;

2° $C.x.j$, dépense de cassage par les cantonniers.

La dépense de main-d'œuvre proprement dite, sera $L.u.m.j$.

$L.u.m.j.\frac{1}{a}$ sera la dépense d'auxiliaires.

$350.j.x$ sera la dépense pour salaires des cantonniers ;

---

(7) Ce prix résulte des adjudications : nous supposerons que dans chaque cas on ait choisi les matériaux qui convenaient le mieux, eu égard à leurs prix et à leurs qualités respectifs.

$\left(300.x + Lu.m\,\frac{1}{a}\right)j$ ou $(Cx + L.u.m)j$, sera la dépense totale de main-d'œuvre (cassage compris).

La dépense totale d'entretien, sans y comprendre les ouvrages d'art et les dépenses imprévues, sera $L.u.(p.+m.j)$; Lu représente la quantité de matériaux consommés annuellement; $(p+m.j)$, le mètre cube de matériaux usés. Ainsi, comme nous l'avons dit, la dépense totale d'entretien est le produit de la quantité de matériaux usés annuellement, par le prix du mètre cube de matériaux usés.

Si l'on ne voulait pas faire casser de pierres brutes par les cantonniers, ou si les matériaux n'avaient pas besoin de cassage, on ferait $C = 0$.

Si l'on ne voulait point donner d'aides aux cantonniers, on ferait $\frac{1}{a} = 0$.

Enfin, si les cantonniers n'étaient pas chargés de cassage, et si on ne leur donnait pas d'aides, on ferait :

$$\begin{cases} C = 0 \\ \frac{1}{a} = 0. \end{cases}$$

Dans ces différents cas, m pourrait varier et exiger une valeur plus grande pour un même état de beauté.

Je résume ce qui précède dans le modèle du tableau dont on devra se servir pour *l'établissement d'un budget normal d'entretien des routes en empierrement.*

(*Voir* le tableau, page 184.)

DÉSIGNATION DES ROUTES et PARTIES DE ROUTES.	LONGUEUR en kilomètres.	CHIFFRE exprimant la fréquentation.	USURE ANNUELLE de matériaux,			PRIX DU MÈTRE CUBE de matériaux,			DÉPENSES D'ENTRETIEN PROPREMENT DIT,			pour entretien d'ouvrages d'art et dépenses imprévues.	totales.
			par kilomètre et par 100 colliers.	par kilomètre.	totale.	fourni et cassé (rabais déduit).	pour main-d'œuvre d'entretien proprement dite.	usés ou total.	pour pierres fournies et cassées.	pour main-d'œuvre proprem^t dite.	Total.		
	(L)			(u.)		(p)	(m.j)	(p.m.j)	(L.u.p)	(L.u.m.j)	(L.u.p.+L.u.m.j)		
1	2	3	4	5 (*)	6	7	8	9	10	11	12	13	14

RÉPARTITION de la dépense d'entretien proprement dite,				DISTRIBUTION DE LA MAIN D'ŒUVRE.							OBSERVATIONS.
en fournitures par l'entrepreneur.	en main d'œuvre,			Salaire des cantonniers.	Dépense pour auxiliaires.	Nombre de cantonniers.	Pour une station de cantonnier.				
	pour cassage par les cantonniers.	d'entretien proprement dite.	totale.				Longueur.	Cube de matériaux à employer.	Nombre de tas de pierres brutes à casser.	Nombre de journées d'auxiliaires.	
(L.u.p—C.x.j)	(C.x.j)	(L.u.m.j)	(C.x.j+L.u.m.j)	(300 j.x)	$\left(L.u.m.j.\frac{1}{a}\right)$	(x)	$\left(\frac{L}{x}\right)$	$\left(\frac{L.u}{x}\right)$	$\left(\frac{C}{c}\right)$	$\left(\frac{L.u.m}{x}\times\frac{1}{a}\right)$	
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26 (*)

(*) *Nota.* L'usure par kilomètre et par 100 colliers varie avec la nature de la circulation et la qualité des matériaux : comme nous l'avons dit plusieurs fois dans le cours de ce mémoire, ce qu'il importe de connaître, c'est l'usure par kilomètre, c'est *u*.

Au moyen de pareils tableaux (8), les ingénieurs ordinaires connaîtraient les besoins réels des routes de leur arrondissement, et sauraient comment ils doivent y opérer la distribution des dépenses ; chaque ingénieur en chef connaîtrait les besoins des routes de son département et pourrait se rendre compte de la distribution générale du service; l'administration supérieure pourrait contrôler les tableaux des divers ingénieurs les uns par les autres, et connaître les besoins réels des routes sur tout le territoire.

On saurait positivement quelle somme on doit demander annuellement aux chambres pour l'entretien normal des routes royales, et aussi comment on doit répartir cette somme entre les divers départements, et dans chaque département, entre les diverses routes et parties de routes.

La principale inconnue de ces tableaux, c'est la quantité de matériaux consommés annuellement par kilomètre.

Au moyen de relevés exacts et détaillés sur la circulation, et par analogie avec les expériences déjà faites et les résultats déjà connus, on peut pour chaque partie de route, évaluer approximativement cette inconnue. Mais on peut arriver à plus de précision ; et nous engageons de nouveau les ingénieurs à s'occuper le plus tôt possible d'expériences directes sur l'usure des chaussées.

L'administration supérieure a toujours attaché beaucoup d'importance aux routes et à leur bon état d'entretien ; elle s'en est toujours vivement préoccupée, et surtout dans ces derniers temps. Les ingénieurs doivent répondre à son appel; ils doivent la seconder de toutes leurs forces. S'il le veulent (et pourquoi ne le voudraient-ils pas? le plus grand nombre doivent le désirer ardemment), l'administration supérieure, dans deux ans, pourra posséder la statistique complète et la mesure exacte de la fatigue réelle et des besoins réels de toutes les routes et parties

(8) Il y aurait des tableaux analogues à dresser pour les chaussées pavées; mais l'importance de ces chaussées, dans l'ensemble des routes royales et départementales de la France, n'excède sans doute pas un dixième.

de routes de tout le territoire : on pourra dire alors que la science et l'art de l'entretien ont fait un pas immense.

Ce n'est pas sans raisons puissantes que l'administration donne aux ingénieurs l'exemple du zèle pour le service des routes. Il ne peut entrer ici dans notre but de faire ressortir tous les avantages des routes et la supériorité qu'elles possèdent à certains égards sur les autres voies de communication : plusieurs, et entre autres MM. Berthault et Dupuit, l'ont fait avec succès. Je demande seulement qu'on veuille bien me permettre quelques réflexions suggérées par l'étude de l'économie politique.

De tous les coins de la France, on désire, on réclame, on exige des chemins de fer, sans trop s'inquiéter si les diverses parties de la France sont ou deviendront bientôt assez riches pour avoir besoin de chemins de fer, sans trop s'inquiéter si les chemins de fer enrichissent ou non les contrées pauvres et les petites agglomérations ; sans trop s'inquiéter si des découvertes prochaines et probables ne pourront pas apporter dans les tracés et le mode d'exploitation de grandes modifications et d'importantes économies : c'est un engouement général. On exécute ou l'on veut exécuter le réseau complet des chemins de fer.

Des compagnies puissantes, composées surtout de banquiers et de gros capitalistes, se sont déjà formées depuis plusieurs années, se forment ou se formeront pour l'exécution totale ou partielle de certaines lignes, et vraisemblablement pour l'exploitation de toutes. Le plus grand nombre de chevaux qui circulaient sur les routes de terre parallèles et latérales à un chemin de fer, et avaient un grand nombre de maîtres différents, vont être remplacés par les waggons à vapeur d'une seule compagnie : comment utilisera-t-on ces chevaux dans les moments perdus pour l'agriculture ? Les nombreuses auberges et les hôtels des villages et des petites villes, destinés aux rouliers et aux voyageurs de ces routes, vont être remplacés par quelques vastes hôtels et restaurants.

Les propriétés riveraines de ces routes, qui par suite de la division des héritages, se trouvent entre les mains d'un nombre considérable de propriétaires différents, et

que ces routes desservent et améliorent, vont perdre une partie de leur valeur, sans que les chemins de fer profitent à la masse des agriculteurs et aux parcelles voisines.

Les chemins de fer tendent surtout à favoriser la banque, le haut commerce, les grandes agglomérations, mais ils ne servent que peu ou point à l'agriculture proprement dite; ils tendent à nous pousser plus vite vers le système d'accumulation des capitaux entre les mêmes mains, vers ce système d'*industrialisme* auquel l'Angleterre est redevable de sa position critique. Pour la prospérité et le bonheur d'un pays, il ne suffit pas que ce pays produise et consomme beaucoup; il ne suffit pas que la moyenne de la production et de la consommation soit la plus grande possible par rapport au nombre total d'habitants : il faut qu'un grand nombre jouissent ou s'approchent de cette moyenne. Nous ne demandons pas que les gouvernements s'opposent *aux progrès de l'industrie moderne*, mais nous demandons que dans leur sagesse, ils prévoient et prennent les mesures nécessaires pour contre-balancer des conséquences nuisibles à l'état social. En France surtout, le gouvernement doit protéger efficacement l'agriculture (9), il doit protéger les petits capitaux, les petites fortunes, surtout quand il s'agit de travailleurs, de producteurs; il doit maintenir et favoriser la croissance de la richesse moyenne du pays pour un plus grand nombre. Parmi les mesures conservatrices à prendre, on doit compter la création et le perfectionnement des routes de terre. En ce qui concerne les routes royales, il faut qu'on achève les lacunes, il faut qu'on ramène à l'état d'entretien normal les routes fatiguées, et qu'on opère les rectifications des côtes rapides, il faut qu'on entretienne toutes les routes en parfait état de viabilité.

Il y a des travaux plus brillants que les travaux de routes et surtout que les travaux d'entretien; mais nous avons la conviction intime qu'aucun autre service ne peut contribuer autant à la *prospérité et au bonheur véritables* du pays.

---

(9) Car la France est et devrait rester un pays éminemment *rural*.

DÉPARTEMENT DE LA MARNE.

Arrondissement de Sézanne.

N° 1. — TAT

Résultats des expériences sur l'usure des routes, ramenés à l'u

DÉSIGNATION DES ROUTES et PARTIES DE ROUTES.	NUMÉROS des kilomètres en expérience.	NUMÉROS d'ordre des expériences.	USURE annuelle par kilomètre en détritus.	POIDS d'un mètre cube de pierre cassée.	POIDS d'un mètre cube de détritus.	QUANTITÉ de matériaux équivalente au cube de détritus annuels par kilomètre.	FR[illegible]
			m.c.	kil.	kil.	m.c.	
ROUTE ROYALE N° 33. *De Paris à Châlons.*	6e	1	125.00	1 075.00	1 200.00	138.88	[illegible]
	12e	2	120.00	1 093.75	1 193.75	130.96	[illegible]
	26e	3	88.00	1 200.00	1 450.00	106.33	[illegible]
	29e	4	90.00	1 225.00	1 500.00	110.20	[illegible]
	Totaux.		423.00	4 593.75	5 343.75	486.37	[illegible]
	Moyennes. . .		(105.75)	(1 148.43)	(1 335.93)	(121.59)	[illegible]
ROUTE ROYALE N° 34. *De Paris à Vitry-le-Français.*	8e et 9e	5	82.00	1 275.00	1 425.00	91.65	[illegible]
	12e	6	152.00	1 275.00	1 425.00	169.89	[illegible]
	35e	7	98.80	1 500.00	1 410.00	92.12	[illegible]
	Totaux.		332.00	4 050.00	4 260.00	353.66	[illegible]
	Moyennes. . .		(110.66)	(1 350.00)	(1 420.00)	(117.88)	[illegible]
Totaux des routes royales.			755.00	8 643.75	9 603.75	840.03	[illegible]
Moyennes.			(107.85)	(1 234.82)	(1 371.96)	(120.00)	[illegible]
ROUTE DÉPARTEMENTALE N° 8. *De Châlons a Provins.*	3e	8	71.00	1 325.00	1 425.00	76.35	[illegible]
ROUTE DÉPARTEMENTALE N° 9. *D'Épernay à Montmirail.*	1er	9	76.00	1 200.00	1 350.00	85.50	[illegible]
	20e et 26e	10	15.30	1 112.50	1 275.00	17.53	[illegible]
	Totaux.		91.30	2 312.50	2 625.00	103.03	[illegible]
	Moyennes. . .		(45.65)	(1 156.25)	(1 312.50)	(51.51)	[illegible]
Totaux des routes départementales. . . .			162.30	3637.50	4 050.00	179.38	[illegible]
Moyennes.			(54.510)	(1 212.50)	(1 350.00)	(59.79)	[illegible]
Report des routes royales.			755.00	8 643.75	9 603.75	840.03	[illegible]
TOTAUX.			917.30	12 281.25	13 653.75	1 019.41	[illegible]
Moyennes			(91.73)	(1 228.12)	(1 365.37)	(101.94)	[illegible]

CAPITULATIF.

ance (le kilomètre) et à l'unité de fatigue (100 *colliers*), *pour l'année* 1841-1842.

SURE nuelle en tritus.	QUANTITÉ de matériaux équivalente à l'usure annuelle en détritus.	RENSEIGNEMENTS. NATURE dominante du roulage.	NATURE et qualité des matériaux d'entretien.	QUANTITÉ de matériaux employés dans l'année. par kilomètre.	par kilomètre et par 100 colliers.	OBSERVATIONS.
par kilomètre par 100 colliers.						
m.c. 48.07	m.c. 53.41		Siliceux bons.	m.c. 100.00	m.c. 38.46	Dans le nombre de colliers, on n'a compté que pour un tiers les colliers des voitures de maître et des voitures vides. — Le collier représente ainsi moyennement un poids de 1 000 à 1 200 kilogrammes. On n'a pas distingué dans toutes les expériences les détritus en boue et en poussière : dans celles où l'on a fait cette distinction, le volume de la poussière est environ le quart ou le cinquième du volume total des détritus. Pour le poids du mètre cube de détritus, on n'avait pas non plus distingué avec soin si c'était de la poussière ou de la boue sèche : généralement c'était de la boue sèche. Les nombres entre parenthèses placés au-dessous de chacun des totaux sont des moyennes obtenues en divisant les nombres de chaque total par le nombre d'expériences faites.
33.33	58.20	Roulage	*Id.*	68.00	30.22	
39.11	47.25	régulier.	*Id.*	114.00	50.66	
40.00	48.97		*Id.*	122.00	54.22	
»	»	»	»	404.00	»	
(45.24)	(52.01)	»	»	(101.00)	(43.20)	
56.55	63.20	Gros	Silicieux bons. Calc. assez bons.	77.77	53.63	
60.80	67.95	roulage	*Id.*	130.00	52.00	
46.66	43.86	régulier.	Cailloux silic. bons.	Les renseignements manquent.		
»	»	»	»	207.77	»	
(54.87)	(58.45)	»	»	(103.88)	(51.68)	
»	»	»	»	611.77	»	
(49.02)	(54.54)	»	»	(101.96)	(46.34)	
78.88	84.83	Roulage régulier	Calc. assez bons.	110.00	122.22	
54.28	61.07	Varié.	Siliceux bons.	136.00	97.14	
34.00	38.55	*Id.*	Siliceux très-bons.	29.90	65.55	
»	»	»	»	165.50	»	
(49.35)	(55.69)	»	»	(82.75)	(89.45)	
»	»	»	»	275.50	»	
(59.01)	(65.22)	»	»	(91.83)	(100.18)	
»	»	»	»	611.77	»	
»	»	»	»	887.27	»	
(30.53)	(36.16)	»	»	(98.58)	(54.30)	

DÉPARTEMENT DE LA HAUTE-SAÔNE.

N° 2. — É

Arrondissement de Gray.

Résultats des expériences sur l'usure des routes, ramenés à l'

DÉSIGNATION DES ROUTES et PARTIES DE ROUTES.	NUMÉROS des kilomètres en expérience.	NUMÉROS D'ORDRE des expériences.	USURE ANNUELLE par kilomètre en détritus. Boue.	Poussière.	Total.	POIDS D'UN MÈTRE CUBE de pierre cassée.	boue seche.	poussière.	Q[illegible]
			m.c.	m.c.	m.c.	kil.	kil.	kil.	m
ROUTE ROYALE N° 67. *De Saint-Dizier à Lausanne.* — 1re partie : Entre la Haute-Marne et la route départementale n° 15.	4e	1	119.00	17.00	136.00	1 560.00	1 680.00	1 507.00	1 [illegible]
2e partie : Entre la route départementale n° 15 et le port de Gray.	16e	2	272.00	24.00	296.00	1 544.87	1 777.25	1 453.25	3 [illegible]
	18e	3	143.93	7.57	151.50	1 529.75	1 874.50	1 399.50	1 [illegible]
	25e	4	352.00	24.00	376.00	1 529.75	1 874.50	1 399.50	4 [illegible]
	29e	5	283.80	30.80	314.60	1 529.75	1 874.50	1 399.50	3 [illegible]
	Totaux. . .		1 170.73	103.37	1 274.10	7 694.12	9 080.75	7 158.75	1 3 [illegible]
	Moyennes.		(234.14)	(20.67)	(254.82)	(1 538.82)	(1 816.15)	(1 431.75)	(2 [illegible]
3e partie : Entre Gray et la limite du Doubs.	34e	6	21.34	1.00	22.34	1 247.00	1 520.00	1 466.00	[illegible]
	44e	7	22.00	2.00	24.00	1 552.00	1 737.00	1 736.00	[illegible]
	Totaux. . .		43.34	3 .00	46.34	2 799.00	3 257.00	3 202.00	[illegible]
	Moyennes.		(21.67)	(1.50)	(23.17)	(1 399.50)	(1 628.50)	(1 601.00)	([illegible]
Totaux.			1 214.07	106.37	1 320.44	10 493.12	12 337.75	10 360.75	1 4 [illegible]
Moyennes.			(173.43)	(15.19)	(183.63)	(1 499.01)	(1 762.53)	(1 480.11)	(2 [illegible]
ROUTE ROYALE N° 70. *D'Avallon à Combeaufontaine.* — 1re partie : Entre la limite de la Côte-d'Or et la route départem. n° 13.	10e et 11e	8	30.02	6.50	36.52	1 460.00	1 870.00	1 420.00	[illegible]
2e partie : Entre la route n° 13 et le port de Gray.	14e	9	84.24	6.66	90.90	1 468.00	1 656.00	1 360.00	[illegible]
3e partie : Entre le port de Gray et Combeaufontaine.	18e	10	86.00	14.40	100.40	1 455.00	1 590.00	1 598.00	[illegible]
	21e	11	128.00	20.00	148.00	1 444.00	1 498.00	1 510.00	1 [illegible]
	33e	12	106.00	4.00	110.00	1 594.00	1 658.00	1 489.00	1 [illegible]
Totaux.			434.26	51.56	485.82	7 421.00	8 272.00	7 377.00	4 [illegible]
Moyennes.			(86.85)	(10.31)	(97.16)	(1 484.20)	(1 654.40)	(1 475.40)	([illegible]
Totaux des routes royales.			1 648.33	157.93	1 806.26	17 914.12	20 609.75	17 737.75	1 9 [illegible]
			(137.36)	(13.16)	(150.52)	(1 492.92)	(1 717.49)	(1 478.14)	(1 [illegible]

APITULATIF.

tance (le kilomètre) et à l'unité de fatigue (100 colliers) pour l'année 1843-1844.

MATÉRIAUX te au cube us ilomètre.		FRÉQUENTATION journalière exprimée par le nombre des colliers.	USURE annuelle en détritus.	QUANTITÉ de matériaux équivalente à l'usure annuelle en détritus.	RENSEIGNEMENTS.				OBSERVATIONS.
us	Total.		Par kilomètre et par 100 colliers.		NATURE dominante du roulage.	NATURE et qualité des matériaux d'entretien.	QUANTITÉ de matériaux employés dans l'année, par kilomètre.	par kilomètre et par 100 colliers.	
	m.c.		m.c.	m.c.			m.c.	m.c.	
2	144.57	275	49.45	52.57		Calcaires passables ou médiocr.	204.00	74.18	Les nombres entre parenthèses, placés au-dessous de chacun des totaux, sont des moyennes obtenues en divisant les nombres de chaque total par le nombre d'expériences faites. Dans le nombre de colliers, on n'a compté que pour un tiers les colliers des voitures vides et des voitures de maître. Le collier représente ainsi moyennement un poids de 800 à 1000 kilogrammes.
8	335.49	400	74.00	83.87	Gros	*Id.*	316.00	79.00	
2	183.29	400	37.87	45.82	roulage	Calc. passable et silex excell.	200.00	50.00	
6	433.29	450	83.55	100.73	régulier.	Calc. passable ou médiocre.	472.00	104 89	
7	375.93	490	64.20	76.72		*Id.*	476.00	97.14	
5	1 492.57	2 015	»	»	»	»	1 668.00	»	
1)	(298.51)	(403)	(63.23)	(74.07)	»	»	(333.60)	(82.78)	
7	27.18	120	18.61	22.65	Varié.	Calc. assez bons.	86.00	71.67	
4	26.86	95	25.26	28.27	*Id.*	*Id.*	57.00	60.00	
1	54.04	215	»	»	»	»	143.00	»	
0)	(27.02)	(107)	(21.55)	(25.13)	»	»	(71.50)	(66.51)	
6	1 546.61	2 230	»	»	»	»	1 811.00	»	
1)	(220.94)	(318)	(59.21)	(69.35)	»	»	(258.71)	(81.21)	
2	44.77	200	18.26	22.38	Petit roulage local.	Calc. passable.	59.00	29.50	
7	101.20	300	30.30	33.73	*Id.*	Calc. médiocre.	96.96	32.32	
1	109.79	390	25.74	28.15	Petit roulage	*Id.*	144.00	36.92	
1	153.70	390	37.94	39.41	régulier	*Id.*	154.00	39.48	
4	113.99	390	28.20	29.23	et local.	Calc. passable.	162.00	41.53	
5	523.45	1 670	»	»	»	»	615.96	»	
9)	(104.69)	(334)	(29 09)	(31.34)	»	»	(123.19)	(36.88)	
1	2 070.06	3 900	»	»	»	»	2 426.96	»	
0)	(172.50)	(325)	(46.31)	(53.07)	»	»	(202.25)	(62.23)	

DÉPARTEMENT DE LA HAUTE-SAÔNE.

Arrondissement de Gray.

N° 2 (*suite*). — I'A

Résultats des expériences sur l'usure des routes, ramenés à

DÉSIGNATION DES ROUTES et PARTIES DE ROUTES.	NUMÉROS des kilomètres en expérience.	NUMÉROS D'ORDRE des expériences.	USURE ANNUELLE par kilomètre en détritus. Boue.	Poussière.	Total.	POIDS D'UN MÈTRE CUBE de pierre cassée.	boue sèche.	poussière.
			m.c.	m.c.	m.c.	kil.	kil.	kil.
ROUTE DÉPARTEMENTALE N° 2. *De Gray à Dôle.*	9e	13	29.28	4.00	33.28	1 230.00	1 620.00	1 579.00
	14e	14	52.48	4.00	56.48	1 234.00	1 623.00	1 587.00
	Totaux. . .		81.76	8.00	89.76	2 464.00	3 243.00	3 166.00
	Moyennes		(40.88)	(4.00)	(44.88)	(1 232.00)	(1 621.50)	(1 583.00)
ROUTE DÉPARTEMENTALE N° 3. *De Besançon à Neufchâteau.*	3e	15	24.28	8.00	32.28	1 707.00	1 827.50	1 791.60
	27e	16	35.40	1.00	36.40	1 593.50	1 696.30	1 791.60
	Totaux. . .		59.68	9.00	68.68	3 300.50	3 523.80	3 583.20
	Moyennes		(29.84)	(4.90)	(34.34)	(1 650.25)	(1 761.90)	(1 791.60)
ROUTE DÉPART. N° 10. *De Gray à Besançon.* 1re partie.	10e	17	58.20	»	58.20	1 449.00	1 640.60	1 822.00
2e partie.	22e	18	15.60	»	15.60	1 449.00	1 640.60	1 822.00
	Totaux. . .		73.80	»	73.80	2 898.00	3 281.20	3 644.00
	Moyennes.		(36.90)	»	(36.90)	(1 449.00)	(1 640.60)	(1 822.00)
ROUTE DÉPARTEMENTALE N° 13. *De Gray à Dijon.*	2e	19	52.00	16.00	68.00	1 511.00	1 863.00	1 837.00
Totaux des routes départementales. .			267.24	33.00	300.24	10 173.50	11 911.00	12 230.20
			(38.18)	(4.71)	(42.89)	(1 453.35)	(1 701.57)	(1 747.17)
Report des routes royales. .			1 648.33	157.93	1 806.26	17 914.12	20 609.75	17 737.75
TOTAUX.			1 915.57	190.93	2 106.50	28 087.62	32 520.75	29 967.95
			(100.82)	(10.05)	(110.86)	(1 478.29)	(1 711.62)	(1 577.26)

CAPITULATIF.

istance (le kilomètre) et à l'unité de fatigue (100 colliers) pour l'année 1843-1844.

E MATÉRIAUX nte au cube itus kilomè tre.		FRÉQUENTATION journalière exprimée par le nombre des colliers.	USURE annuelle en détritus.	QUANTITÉ de matériaux équivalente à l'usure annuelle en détritus.	RENSEIGNEMENTS. NATURE dominante du roulage.	NATURE et qualité des matériaux d'entretien.	QUANTITÉ de matériaux employés dans l'année.		OBSERVATIONS.
ous-re.	Total.		par kilomètre et par 100 colliers.				par kilomètre.	par kilomètre et par 100 colliers.	
	m c.		m.c.	m.c.			m.c.	m.c.	
.13	43.69	170	19.58	25.70	Varié.	Calcaires bons.	45.00	26.47	Les nombres entre parenthèses placés au-dessous de chacun des totaux sont des moyennes obtenues en divisant les nombres de chaque total par le nombre d'expériences faites.
.14	74.16	190	29.73	39.03	*Id.*	*Id.*	48.00	25.26	
27	117.85	360	»	»	»	»	93.00	»	
35)	(58.92)	(180)	(24.93)	(32.73)	»	»	(46.50)	(25.83)	
40	34.39	170	18.98	20.22	Petit roulage local.	Calc. assez bons.	156.00	91.76	
12	38.80	220	16.54	17.64		Calc. médiocres.	106.00	48.19	
52	73.19	390	»	»	»	»	262.00	»	
76)	(36.59)	(195)	(17.61)	(18.76)	»	»	(131.00)	(67.18)	
	65.89	250	23.24	26.35	Varié.	Calc. médiocres.	168.00	67.20	On a employé beaucoup trop de matériaux. L'usure paraît beaucoup trop faible.
	(17.66)	150	10.40	11.77	*Id.*	Calc. passables.	128.00	85.33	
	83.55	400	»	»	»	»	296.00	»	
	(41.77)	(200)	(18.45)	(20.89)	»	»	(148.00)	(74.00)	
5	83.56	195	34.87	42.85	Varié.	Calc. assez bons.	123.00	63.08	
4	358.15	1 345	»	»	»	»	774.00	»	
0)	(51.16)	(192)	(22.32)	(26.63)	»	»	(110.57)	(57.54)	
1	2 070.06	3 900	»	»	»	»	2 426.96	»	
5	2 428.21	5 245	»	»	»	»	3 200.96	»	
0)	(127.80)	(276)	(40.16)	(46.29)	»	»	(168.47)	(61.03)	

Nous n'avons que peu d'observations à présenter sur ces deux tableaux.

Dans l'arrondissement de Sézanne :

	kilog.
Le poids du mètre cube de pierre cassée a été trouvé moyennement de.	1 228.12
Idem de détritus.	1 365.35

Le rapport du poids de 1 mètre cube de détritus au poids de 1 mètre cube de pierre cassée était donc de 1.11 à 1.

Dans l'arrondissement de Gray :

	kilog.
Le poids d'un mètre cube de pierre cassée a été trouvé moyennement de.	1 478.29
Idem de boue sèche.	1 711.62
Idem de poussière.	1 577.26

Le rapport du poids de 1 mètre cube de boue sèche au poids de 1 mètre cube de pierre cassée est donc de 1.15 à 1.

Le rapport du poids de 1 mètre cube de poussière au poids de 1 mètre cube de pierre cassée est donc de 1.06 à 1.

Dans les expériences de l'arrondissement de Sézanne, on n'avait pas distingué partout les détritus en boue et en poussière ; dans celles où l'on a fait cette distinction, le volume de la poussière est environ le $\frac{1}{4}$ ou le $\frac{1}{5}$ du volume total des détritus.

Dans l'arrondissement de Gray, le volume de la poussière n'est moyennement que $\frac{1}{10}$ du volume total des détritus : ce qui tient à ce que l'année 1843 a été très-pluvieuse, et que l'on a dû plus souvent enlever les détritus sous forme de boue que sous forme de poussière.

Les matériaux siliceux de l'arrondissement de Sézanne pèsent moins que les calcaires du même arrondissement et que les calcaires de l'arrondissement de Gray, environ dans le rapport de 1 à 1.20 : les premiers sont meilleurs que les seconds. La qualité des matériaux pour l'entretien n'a donc pas de rapport avec le poids ; ce qui évidemment

n'implique point contradiction avec ce principe que, dans un système d'entretien normal, on doit remplacer le poids des matériaux usés (*d'une certaine espèce*), par un poids égal de matériaux neufs (*de la même espèce*).

Les résultats obtenus pour l'usure par kilomètre et par cent colliers, lorsque dans la fréquentation le roulage régulier et le gros roulage dominent, sont assez concordants, surtout pour une première année d'expériences, dans chacun des deux arrondissements.

Dans l'arrondissement de Sézanne, les routes royales n°s 33 et 34, et la route départementale n° 8, étaient fréquentées par le roulage régulier, et remplissaient à peu près la même destination.

L'usure annuelle des matériaux par kilomètre et par 100 colliers y est d'environ 50, 65 ou 85 mètres cubes, suivant que les chaussées y sont entretenues avec des matériaux siliceux seulement, ou à la fois avec des matériaux siliceux et des calcaires, ou enfin avec des calcaires seulement.

Nous rappelons que le roulage régulier et le gros roulage dominent dans la fréquentation de ces routes, et que le poids moyen tiré par un collier peut être estimé de 1100 à 1200 kilogrammes.

Dans l'arrondissement de Gray, nous n'avons de comparable à ces routes pour le genre de fréquentation, que la partie de la route royale n 67 comprise entre la Haute-Marne et le port de Gray.

Nos observations et expériences sur l'usure directe des chaussées, soit au moyen de la méthode des épaisseurs, soit d'après le volume de détritus enlevés, nous ont donné sur cette partie de route pour l'usure annuelle en matériaux calcaires par kilomètre et cent colliers, des nombres variant entre 50 et 100 mètres cubes. Je ferai remarquer que les calcaires employés sur cette partie de la route royale n° 67 m'ont paru d'une qualité un peu moindre que ceux employés sur les routes royale n° 34 et dépar-

tementale n° 8; mais en compensation le poids moyen tiré par le collier de la route royale n° 67, n'est que de 1000 kilogrammes environ.

Sur les autres parties des routes royales ou départementales de l'arrondissement de Gray, l'usure annuelle de matériaux calcaires par kilomètre et par cent colliers varie entre 20 et 40 mètres cubes : cependant la qualité des matériaux qu'on y emploie n'est pas sensiblement supérieure à celle des matériaux employés sur la partie fatiguée de la route royale n 67. La différence des résultats doit donc être attribuée principalement à la différence de nature du roulage. Disons toutefois que sur plusieurs parties, on avait employé trop de matériaux. L'usure *observée* y était donc plus faible que l'usure *réelle*, lors même que les pertes par les pluies et les vents ne l'emporteraient pas sur l'addition des matières étrangères. Le chiffre de l'usure devrait donc être augmenté ; il se rapprocherait alors de 35 à 40 mètres cubes.

Du reste on ne peut pas espérer des résultats bien positifs avec une seule et première année d'expériences dans un arrondissement : ces expériences doivent être continuées pendant deux ans au moins.

Gray, le 19 juin 1844.

N° 133.

RAPPORTS

Sur les explosions de chaudières à vapeur dont il a été rendu compte à l'administration des travaux publics depuis le 10 *juillet* 1844 *jusqu'au* 1er *septembre* 1845.

1° Extrait d'un rapport de la commission de surveillance de Lyon sur l'explosion du bateau à vapeur *le Lavaret.*
2° Extrait d'un rapport de la commission de surveillance de Lyon sur l'explosion du bateau à vapeur *le Zéphyr.*
3° Rapport sur l'explosion d'une locomotive du chemin de fer de Saint-Étienne à Lyon, par M. Pigeon, ingénieur des mines.
4° Rapport sur l'explosion d'une des chaudières de la sucrerie de Séclin, par M. Meugy, ingénieur des mines.
5° Extrait d'un rapport de M. Pigeon sur l'explosion d'une des chaudières de l'aciérie de Perrache
6° Rapport sur l'explosion du bouilleur d'une chaudière, système Beslay, dans l'usine du sieur Biron, à Paris; par M. Combes, ingénieur en chef des mines.
7° Rapport sur la rupture de l'essieu d'une locomotive sur le chemin de fer d'Anzin à Abscon; par M. Comte, ingénieur des mines.
8° Rapport sur l'explosion d'une chaudière dans l'établissement du sieur Dumesnil, à Sotteville (Seine-Inférieure); par M. de Saint-Léger, ingénieur en chef des mines.

1° *Extrait du rapport fait le* 10 *juin* 1844 *par la commission de surveillance des bateaux à vapeur établie à Lyon, sur l'accident arrivé à bord du bateau* le Lavaret.

Le bateau à vapeur *le Lavaret*, naviguant sur la Saône, entre Lyon et Mâcon, venait de quitter l'escale de Neuville, où il s'était arrêté quelques instants pour prendre et déposer des voyageurs, lorsque l'une des deux chaudières composant l'appareil générateur éprouva une grave

rupture, et laissa s'échapper dans le local de la machine la plus grande partie de la vapeur et de l'eau qu'elle renfermait.

Le mécanicien, qui tournait en ce moment le dos à la chaudière, fut atteint directement par le jet liquide; il lui resta toutefois assez de force pour se traîner encore sur le pont du bateau, mais il expira quelques heures après à l'hôpital de Neuville.

Trois chauffeurs se trouvaient en même temps que le mécanicien dans le local de la machine, et deux d'entre eux reçurent des blessures graves, dont l'un mourut peu de jours après.

Quant aux passagers, qui se trouvaient en assez grand nombre sur le pont, et parmi lesquels s'était répandue une véritable panique, aucun ne reçut la moindre atteinte.

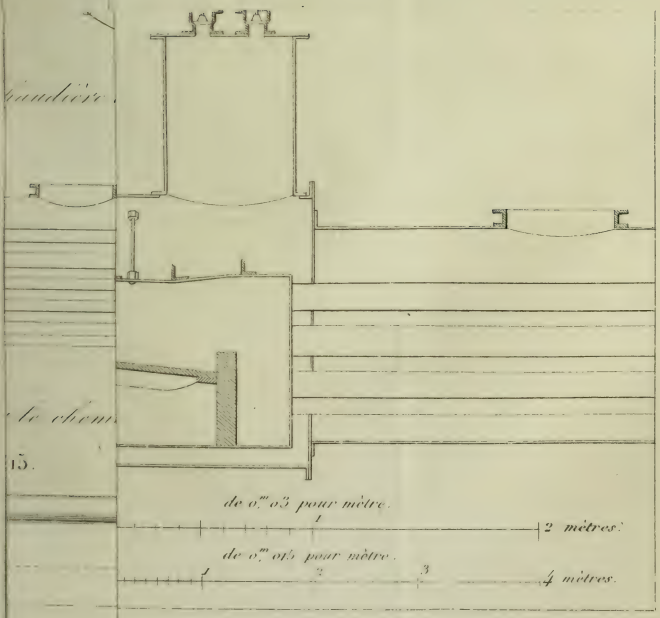
Cet accident eut lieu le 7 mai, sur les deux heures après midi; mais l'ingénieur des mines du département du Rhône n'en eut connaissance que le lendemain, par la voix publique, et il s'empressa d'aller visiter le bateau que l'on avait fait descendre jusqu'au port de la Gare, à Vaise. Rien ne paraissait d'ailleurs avoir été changé à l'état de la chaudière, et les choses furent laissées dans le même état, jusqu'à ce que la commission de surveillance des bateaux à vapeur du département du Rhône eût procédé à la visite du bateau, le 12 mai 1844.

La machine du *Lavaret* fonctionnait à haute pression et sans condensation : elle sort des ateliers de MM. Gache et Guibert, à Paris, et est à un seul cylindre, de $0^m.41$ de diamètre intérieur et $0^m.52$ de course.

La vapeur était fournie par deux chaudières semblables, et qui sont fidèlement représentées dans le dessin joint au présent rapport, Pl. 83, *fig.* 11, 12 et 13.

Chacune d'elles est formée d'un tuyau cylindrique horizontal, en tôle de fer, enveloppant un autre tuyau dans lequel se trouve compris le foyer, et qui est prolongé par

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY of ILLINOIS



Gravé par Adam et Dulo.

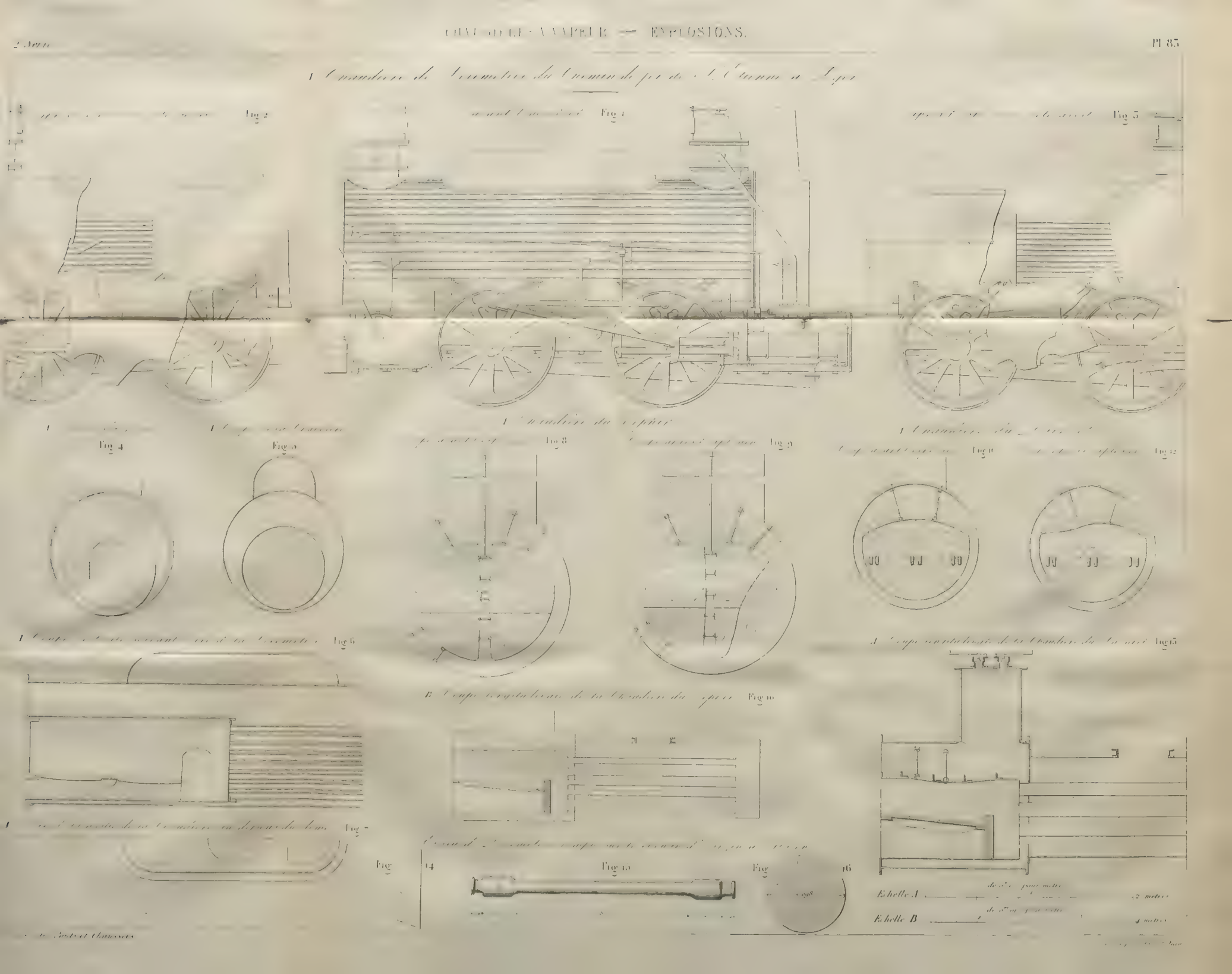


Fig 1
Fig 2
Fig 3
Fig 4
Fig 5
Fig 6
Fig 7
Fig 8
Fig 9
Fig 10
Fig 11
Fig 12
Fig 13
Fig 14
Fig 15
Fig 16
Echelle A
Echelle B

onze tubes en cuivre, à travers lesquels la flamme se rend à la cheminée. Ces tubes sont eux-mêmes compris dans un deuxième tube extérieur, faisant suite au premier tuyau.

Des réservoirs à vapeur cylindriques et à axe vertical, sont fixés sur les tuyaux enveloppes, à la partie antérieure de chaque chaudière, au-dessus du foyer.

L'ensemble des tuyaux cylindriques intérieurs a une longueur totale de $4^{m}.76$, et leurs diamètres intérieurs sont de $1^{m}.22$ à l'avant, et $0^{m}.95$ à l'arrière. L'épaisseur de la tôle dont ils sont formés, est de 8 millimètres.

Le tuyau ou coffre intérieur dans lequel est établi le foyer a une section toute particulière. Sa forme est cylindrique jusqu'à une hauteur de $0^{m}.18$ au-dessus de la grille, et le diamètre correspondant est de $1^{m}.06$; mais la partie supérieure a un rayon de courbure beaucoup plus considérable, et tel que la plus grande hauteur verticale du coffre ne dépasse pas $0^{m}.87$. Il en résulte que l'espace annulaire compris entre les deux tuyaux, et qui dans la partie basse n'a que $0^{m}.08$ de large, en a $0^{m}.34$ à la partie haute.

Le coffre entier est d'ailleurs relié au tube enveloppant par des tirants en fer, munis d'écrous à leurs extrémités.

Les tubes en cuivre, au nombre de onze, qui font suite au coffre, ont $2^{m}.84$ de longueur et $0^{m}.125$ de diamètre.

L'épaisseur du métal est en outre de $0^{m}.008$.

Enfin, les réservoirs de vapeur ont un diamètre extérieur de $0^{m}.62$ et une hauteur verticale de $0^{m}.72$.

On déduit de ces données que la capacité totale intérieure est de $2^{m}.68$ cubes pour chaque chaudière; et comme le niveau habituel de l'eau devait se trouver à $0^{m}.07$ au-dessus du sommet de l'enveloppe, il suit que, de la capacité précédente, $1^{m}.80$, ou les deux tiers environ, devaient renfermer de l'eau et $0^{m}.88$, ou à peu près le tiers, devait servir de réservoir de vapeur.

On ajoutera que les deux chaudières étaient mises en communication par un large tuyau, adapté par ses extré-

mités sur le haut des deux magasins de vapeur : ce tuyau portait une soupape de sûreté, mais chaque magasin de vapeur était en outre pourvu de deux soupapes ayant une même destination.

Les chaudières avaient subi la pression d'épreuve prescrite par les règlements, lorsqu'elles furent mises en navigation sur le haut Rhône, en 1843. Les propriétaires du bateau avaient demandé d'abord que la tension normale fût fixée à quatre atmosphères, mais l'épreuve correspondant à ce degré de tension n'avait pu réussir, et les chaudières n'avaient réellement été éprouvées et n'avaient dû être timbrées que pour une pression normale de 3 1/2 atmosphères.

Depuis lors ces chaudières, déjà fatiguées et détériorées en plusieurs endroits, avaient subi des réparations importantes ; ainsi le coffre de l'une avait été refait presque à neuf; dans l'autre, un fer d'angle avait été placé pour assujettir plus solidement le magasin de vapeur au cylindre-enveloppe; mais tous ces changements avaient eu lieu sans que l'épreuve légale eût été renouvelée.

Les poids que portaient les soupapes lorsque le bateau a été visité au port de la Gare, correspondaient, pour quatre d'entre elles placées sur les magasins de vapeur, à une tension intérieure de 4 1/4 atmosphères, et pour la cinquième, placée sur le tuyau de communication, à une tension intérieure de 4 1/2 atmosphères. Il y avait donc surcharge réelle, sans préjudice de celle que l'on a pu produire accidentellement dans le cours du voyage.

Un manomètre était adapté à l'appareil générateur ; il était à air comprimé et d'une construction satisfaisante, mais la graduation était vicieuse, en ce sens qu'elle ne tenait pas compte de la pression atmosphérique, de telle sorte que lorsque le mercure indiquait 3 1/2 atmosphères, c'était en réalité 4 1/2 atmosphères qu'il au-

rait fallu lire. Or, d'après le témoignage de l'un des chauffeurs, le manomètre indiquait souvent 3 1/2 atmosphères, laquelle indication se trouvait tout à fait en rapport avec la surcharge reconnue des soupapes.

Chaque chaudière était en outre pourvue de trois robinets, indicateurs du niveau de l'eau intérieure, placés à l'avant, au-dessus du foyer, et sur la plaque joignant l'enveloppe et le coffre. Des tubes en cristal, en bon état, et qui n'ont pas été fracturés lors de l'accident, servaient encore au même usage.

Enfin, les pompes alimentaires, au nombre de deux, une pour chaque chaudière, paraissent en bon état, et elles étaient susceptibles de fournir un volume beaucoup plus que suffisant pour l'alimentation.

Voici maintenant quel était l'état de l'appareil générateur après l'accident. La chaudière de tribord ne présentait aucune fuite ni altération de forme. La chaudière de babord avait seule été rompue.

Les circonstances de cette rupture sont fidèlement représentées dans les *fig.* 11, 12 et 13, Pl. 83, et l'on voit comment la surface au-dessus du coffre supérieur au foyer s'est écrasée et déformée sous l'action de la pression intérieure. A l'endroit de la plus grande déformation, l'écrou extérieur qui reliait au coffre l'un des tirants, a été chassé. Le tirant placé dans une position symétrique a mieux résisté, mais la surface supérieure du cylindre enveloppant a été entraînée par la déformation du coffre, et une déchirure de plus de trois décimètres de longueur s'est produite à la jonction du magasin de vapeur avec le corps de la chaudière. C'est par cette déchirure et par l'ouverture due à l'expulsion de l'écrou du tirant que se sont échappées la vapeur et l'eau bouillante.

Aucune autre avarie ou détérioration ne paraît avoir eu lieu.

Quelle a été maintenant la cause de cet écrasement de

la chaudière? Et faut-il faire intervenir, pour l'expliquer, la production instantanée d'une grande masse de vapeur déterminée par un trop grand abaissement du niveau de l'eau intérieure? Le fait d'un abaissement pareil a été fortement démenti par l'un des chauffeurs interrogés à cet égard. Ce témoignage est, en pareil cas, il est vrai, très-peu concluant; mais en l'absence de toute preuve, et même de la moindre induction, une supposition de ce genre serait tout à fait gratuite, et l'accident s'explique d'autant mieux par la continuation d'une forte pression intérieure, que le mode de construction même et le mauvais état de la chaudière la rendaient moins propre à supporter une pareille pression. Ajoutons encore que l'arrêt du bateau, au port de Neuville, avait dû déterminer dans la chaudière une accumulation de vapeur d'autant plus grande et plus redoutable, que, par une détestable pratique, à laquelle il importe de mettre fin, la vapeur à laquelle on donnait issue par les soupapes, s'échappait dans la cheminée même, et produisait de la sorte, lors même que l'on ouvrait les portes du foyer, un tirage artificiel considérable.

Une circonstance très-grave encore, c'est que pour diriger une machine placée dans de si mauvaises conditions, l'on avait fait choix d'un ouvrier peu exercé, et qui n'avait encore rempli que les fonctions de chauffeur, non qu'aucun acte d'imprudence puisse, dans le cas actuel, être bien positivement imputé à ce malheureux ouvrier, qui a été la première victime de l'accident, mais un mécanicien plus exercé se serait tenu en continuelle défiance d'aussi mauvaises chaudières, et aurait pu vérifier par lui-même qu'il y avait surcharge des soupapes, puis enlevant cette surcharge, et modérant à propos l'action du foyer, il aurait sans doute prévenu cette funeste rupture.

L'on serait ainsi conduit à assigner comme causes de l'accident :

1° La continuité d'une pression intérieure plus forte

que ne le comportait l'épreuve légale dont la chaudière avait été l'objet;

2° Le mode de construction même de cet appareil;

3° Le mauvais état dans lequel se trouvaient plusieurs de ses parties;

4° L'emploi, comme ouvrier mécanicien, d'un ouvrier chauffeur qui n'avait pas assez d'expérience.

Le fait de la première cause se trouve bien établi par les charges que devaient, au minimum, supporter les soupapes, lors de la rupture.

Quant au mode de construction même, il n'est pas besoin de rappeler que les tuyaux cylindriques sont bien moins susceptibles de résistance, pressés sur leur face concave, qu'ils ne le seraient pressés sur la surface convexe. Dans ce dernier cas, la surface garde sensiblement sa forme jusqu'au moment de la déchirure; mais dans le premier, le métal peut céder et se déformer sous une pression moindre qu'il ne faudrait pour écraser les fibres comprimées. Or, il suffira d'une faible déformation pour changer les conditions de résistance du tuyau et en déterminer l'écrasement complet, et même la rupture.

Ajoutons que dans la chaudière du *Lavaret*, la tendance à la déformation et à l'écrasement était d'autant plus forte, que la partie haute du coffre avait un rayon de courbure beaucoup plus grand que le reste du tuyau; aussi n'avait-elle pu être maintenue que par des tirants. Si maintenant l'un de ces tirans venait à manquer, l'écrasement devait s'ensuivre, et c'est précisément ce qui est arrivé.

Enfin, ce qui donnait encore plus de puissance aux deux causes de rupture signalées, c'était l'état peu satisfaisant dans lequel se trouvaient plusieurs parties de la chaudière, et notamment la partie du coffre située au-dessus du foyer. La tôle paraissait également altérée à la jonction du magasin de vapeur avec le coffre intérieur, où s'est précisé-

ment faite la principale déchirure, et l'on remarquait que le travail de jonction avait réduit en ce point l'épaisseur du métal à moins de six millimètres.

La faiblesse de cette partie avait d'ailleurs été déjà reconnue, car il y a dix mois encore, et lorsque le bateau faisait le service de Lyon à Aix en Savoie, l'on fit adapter un fer d'angle qui devait donner une plus grande solidité à la ligne de jonction des deux surfaces. Malheureusement le fer d'angle ne s'étendait que sur une partie de cette ligne, et la déchirure s'est produite dans la partie qui n'avait pas été l'objet d'une précaution semblable.

L'on doit maintenant regarder comme très-probable qu'une nouvelle épreuve par la pompe de pression aurait manifesté les défauts de la chaudière, et le nouvel accident montre combien est sage la disposition qui assujettit à des épreuves annuelles toutes les chaudières employées à la navigation, qui seraient pourvues de foyers intérieurs.

Les chaudières du bateau *le Lavaret* devaient nécessairement subir une semblable et nouvelle épreuve, et elle eût été faite avant que, sortant d'un chômage de plusieurs mois, il reprît, suivant ses habitudes, et conformément à son ancien permis de navigation, le service du Rhône, en amont de Lyon; mais une nouvelle compagnie qui en avait fait l'acquisition, s'avisa de le mettre en navigation sur la Saône, sans avoir fait aucune demande à cet égard, et c'est peu de jours après cette mise en navigation qu'arriva l'accident signalé.

Lyon, le 10 juin 1844.

2° *Extrait du rapport fait le* 5 *septembre* 1844 *par la commission de surveillance des bateaux à vapeur, établie à Lyon, sur la rupture de la chaudière du bateau à vapeur* le Zéphyr.

Un nouvel accident vient d'avoir lieu sur l'un des bateaux à vapeur qui naviguent sur la Saône, entre Lyon et Châlon.

Le bateau à vapeur *le Zéphyr*, appartenant à la compagnie Bonnardel frères et Four, parti de Châlon le 26 avril dernier, venait de toucher au port dit de la Colonne, lorsque la tôle s'entr'ouvrit à l'avant de la chaudière et livra passage à un abondant jet de vapeur et d'eau bouillante, qui atteignit dans leur cabine deux des chauffeurs et occasionna leur mort. Un autre chauffeur et le mécanicien se trouvaient un instant auparavant devant la chaudière même; mais voyant le métal se déformer sous l'action de la vapeur et prévoyant sa rupture immédiate, ils s'empressèrent de monter sur le pont et se dérobèrent ainsi à une mort certaine.

Les passagers étaient encore peu nombreux, et il se répandit parmi eux une véritable panique; mais un seul d'entre eux reçut quelques blessures, et l'on ignore quelle en sera la gravité (1).

Cet accident a été, de la part de la commission de surveillance de Châlon, l'objet d'une visite et d'une enquête spéciale, et le bateau n'est redescendu à Lyon que le 29 août dernier.

La commission de surveillance du département du Rhône, s'est alors transportée à bord du bateau, afin de

(1) Il est mort à l'hôpital.

constater quelle était la nature de la rupture, et dans quel état se trouvaient les appareils de sûreté.

La machine du *Zéphyr* se compose de deux cylindres oscillants de $0^m.46$ de diamètre et de $1^m.00$ de course. Elle fonctionne à haute pression, détente et condensation.

La vapeur est fournie par une chaudière unique, tubulaire et munie de deux foyers intérieurs. Le diamètre extérieur de la boîte à feu est de $1^m.75$ et la longueur de $2^m.40$. Les tubes sont au nombre de 33 : ils ont $0^m.12$ de diamètre et $4^m.80$ de longueur, Pl. 83, *fig.* 8, 9 et 10.

Les deux foyers sont séparés l'un de l'autre par un espace rempli d'eau, compris entre deux faces planes, distantes de $0^m.078$ au milieu de la hauteur et de $0^m.135$ aux parties supérieure et inférieure.

La chaudière se termine en outre à l'avant par un fond plat percé de deux grandes ouvertures correspondantes aux foyers et à leurs cendriers.

C'est à la jonction de ce fond plat et de la partie concave, formant le cendrier du foyer de droite, que s'est produite la rupture, et elle paraît avoir été déterminée par la déformation de cette partie concave, sous l'action de la vapeur, qui tendait à l'écraser et agissait avec d'autant plus de prépondérance, que cette surface intérieure n'était réunie par aucun tirant à l'enveloppe extérieure.

La fracture a porté sur le fer d'angle qui réunissait ces deux parties, et qui s'est brisé en ouvrant une fente irrégulièrement dirigée suivant l'arête de l'angle et les centres des trous de rivets dans la partie concave.

Quelle a été maintenant la cause de cette rupture? On ne saurait, en présence du témoignage formel du mécanicien et du chauffeur, faire intervenir ici la circonstance

de la production instantanée d'une masse considérable de vapeur déterminée par un trop grand abaissement du niveau de l'eau intérieure, et il doit être cette fois encore bien établi que ce nouvel accident est dû à la continuité d'une pression intérieure plus forte que ne le comportait le mode de construction de la chaudière.

Les charges qui nous ont été représentées comme pesant sur les soupapes de sûreté ne laissent aucun doute à cet égard.

Ces soupapes sont au nombre de trois. Deux d'entre elles ont un diamètre de $0^{m}.065$, et elles étaient chargées de poids de $14^{kil.}.5$ et de 13 kilogrammes placés aux extrémités de leviers dans lesquels le rapport des bras était de $\frac{5}{39}$. L'autre soupape avait un diamètre de $0^{m}.105$, et elle était chargée d'un poids de 35 kilogrammes placé à l'extrémité d'un levier, dans lequel le rapport des bras était de $\frac{10}{59}$. La tension correspondante à ces poids était au moins de $4\frac{1}{2}$ atmosphères pour les deux premières soupapes, et si l'on tenait compte du poids de la grande soupape et de celui du levier, on trouve que la charge répondait à une tension intérieure d'environ 4 atmosphères.

Telles sont les pressions minima que devait avoir la vapeur. Or, l'arrêté qui autorise la navigation de ce bateau, stipulait formellement que la pression intérieure ne dépasserait pas 3 atmosphères, et il était formellement mentionné, dans l'un des articles, que si l'on conservait les deux soupapes de $0^{m}.065$, dont les leviers avaient des longueurs de bras dans le rapport de $\frac{5}{39}$, les poids appliqués aux extrémités des leviers ne dépasseraient pas $7^{kil.}.80$.

Le fait d'une forte surcharge est ainsi bien manifeste, et elle était si bien préméditée, que l'un des poids placés à l'extrémité du levier avait été fortement augmenté par

l'addition d'une rondelle en plomb pesant 2 kilogrammes, et qui avait été clouée à sa partie inférieure.

Il importe de remarquer ici que de pareilles surcharges constituent la contravention la plus grave. Une chaudière pourra bien, à diverses reprises et par rares intermittences, supporter des pressions extraordinaires pour lesquelles elle n'a pas été faite, mais pour peu que ce fait se produise fréquemment et d'une manière continue, la tendance du métal à se déformer et à se rompre deviendra prépondérante, et les plus terribles accidents viendront à se produire.

Dans le cas de la chaudière du *Zéphyr*, l'écrasement et la déformation de la surface concave intérieure était chose d'autant plus imminente, que du côté du foyer, où s'est produite la rupture, aucun tirant ne reliait entre elles la surface intérieure et l'enveloppe, et il y a d'autant plus lieu de regarder cette omission comme répréhensible, que des tirants avaient été placés précisément dans le but de prévenir, du côté de l'autre foyer, une déformation de ce genre.

Deux autres contraventions sont encore à signaler, savoir : la conservation d'un manomètre à air comprimé et la non réduction des rebords des soupapes à la largeur maximum de 2 millimètres, lorsque l'arrêté d'autorisation stipulait formellement que les rebords auraient au plus cette largeur et non pas 6 millimètres qu'on leur a laissés, et que le manomètre serait à air libre.

Lyon, le 5 septembre 1844.

3° *Rapport sur l'explosion d'une des locomotives du chemin de fer de Saint-Étienne à Lyon.*

Par M. PIGEON, ingénieur des mines.

La locomotive n° 27, spécialement destinée à la remorque des waggons de Rive-de-Gier à Saint-Étienne, se trouvait près d'arriver au percement de Saint-Julien, remorquant un convoi de trente-neuf tonnes, lorsque le reservoir ou magasin de vapeur dont était surmontée la chaudière se rompit et donna passage à la vapeur et à l'eau, qui se répandirent des deux côtés par torrents. Le mécanicien et le chauffeur qui se trouvaient à leur poste ne reçurent aucune atteinte, et le nuage épais de vapeur qui s'était formé les empêcha de voir d'abord quelle était la nature de l'avarie. Mais ils constatèrent bientôt qu'une portion de la couverture du réservoir avait été enlevée par déchirement et projetée à une dizaine de mètres de la voie dans un champ voisin. La tôle de la chaudière s'était en outre ouverte et ployée des deux parts, et l'un des tubes intérieurs avait été brisé.

Aucune personne ne s'était heureusement trouvée à proximité de la voie ; l'on avait pu, de plus, arrêter tout de suite le convoi qui se trouvait abandonné à lui-même sur une pente de $\frac{14}{1000}$, et l'on n'eut par suite à déplorer aucun accident funeste.

La locomotive fut immédiatement ramenée à Rive-de-Gier, dans les ateliers de M. Vertpilleux, et lorsque l'ingénieur des mines soussigné se rendit le lendemain sur les lieux pour en faire l'examen, elle se trouvait dans le même état qu'à la suite de l'accident.

Cette locomotive est établie dans le nouveau système établi par M. Vertpilleux, constructeur de machines à Rive-de-Gier, pour remorquer les waggons de Rive-de-

Gier à Saint-Étienne, sur la pente de 14 millièmes que présente cette partie du chemin de fer. La chaudière Pl. 83, *fig.* 1, a la forme tubulaire ordinaire; mais au lieu d'être placé dans un coffre, le foyer se trouve dans un cylindre intérieur. Elle repose sur un cadre porté par quatre roues de $1^m.24$ de diamètre, et des deux côtés duquel sont placés deux cylindres horizontaux de $0^m.22$ de diamètre et $0^m.75$ de course. Mais le tender à la suite qui repose sur quatre roues pareilles, porte aussi deux cylindres semblables et semblablement placés, qui reçoivent directement la vapeur de la même chaudière par une série de tuyaux coudés à divers intervalles et dont la flexibilité se prête très-bien aux variations de position respectives des deux voitures.

On voit, en résumé, que le nouveau remorqueur se compose, à vrai dire, de deux locomotives accouplées, dont l'une porte la chaudière et l'autre le combustible, ainsi que l'eau d'alimentation. Sans surcharger les rails et profitant du poids du tender, la nouvelle machine peut, par suite, opposer au frottement de première espèce, ou de glissement des roues contre les bandes, une résistance proportionnelle à l'ensemble du poids des deux voitures, montant à 22 tonnes, et moyennant une puissance de vaporisation suffisante, elle sera susceptible dès lors de produire un travail utile considérable.

Les dimensions de la chaudière sont les suivantes :

	mèt.
Longueur du cylindre extérieur, non compris celle de la boîte à feu.	3.85
Diamètre de ce même cylindre.	1.20
Longueur du cylindre intérieur servant de foyer.	1.85
Diamètre de ce cylindre.	0.92
Épaisseur de la tôle du cylindre extérieur.	0.010
Idem *idem* du cylindre intérieur.	0.012
Nombre des tubes en laiton par lesquels passe la flamme. .	117
Longueur de ces tubes.	2.00
Diamètre de ces tubes.	0.05
Épaisseur du métal dont sont formés ces tubes.	0.005
Diamètre des soupapes de sûreté placées aux extrémités. . .	0.072

Cette chaudière a été construite à Rive-de-Gier, dans les ateliers de M. Vertpilleux, et elle subit, en date du 3 juin 1843, l'épreuve légale par la pompe de pression. La machine fut alors mise en activité, et l'on essaya d'abord de brûler de la houille ; mais l'on n'obtenait de la sorte qu'une vaporisation insuffisante, et l'on revint bientôt à l'usage du coke. En même temps l'arrivée de la vapeur dans les cylindres se faisait d'une manière très-irrégulière, et il arrivait qu'en certains moments la production de la vapeur était surabondante, tandis qu'en d'autres elle était tout à fait insuffisante : entraînée par la vapeur, l'eau pénétrait en outre facilement dans les tuyaux d'admission, et cette introduction dans les cylindres était très-préjudiciable à la marche des machines. Le constructeur se décida alors à adapter à la partie supérieure de la chaudière une sorte de couvercle faisant fonction de magasin à vapeur. Cet appareil fut fait en cuivre de deux millimètres d'épaisseur, et relié par une série de boulons à la chaudière, que l'on mit en communication avec lui par trois larges ouvertures. Cette réparation terminée, la machine fut remise en activité, sans qu'elle ait été de nouveau soumise à l'épreuve légale.

Les *fig.* 1, 4, 5, 6 et 7 représentent latéralement et perpendiculairement les élévations et coupes de la chaudière, préalablement à l'explosion. La partie supérieure a été de plus représentée en plan, *fig.* 7, et l'on y a indiqué la disposition et la grandeur des ouvertures par lesquelles le réservoir de vapeur additionnel avait été mis en communication avec l'intérieur.

Les *fig.* 2 et 3 représentent les deux vues latérales de la chaudière après l'explosion. On voit que le réservoir en cuivre a été déchiré et entraîné sur presque toute son étendue. Ainsi, il n'en restait en place qu'un fragment à l'arrière de la locomotive, et une bande allongée retenue

de l'autre part au cylindre extérieur par une rangée de boulons.

Un fragment de ce réservoir présentant environ un mètre quarré de surface et pesant 24 kilogrammes, avait en outre été complétement détaché et projeté, comme on l'a indiqué, à 10 mètres de la machine, dans un champ voisin, au pied d'un talus de 6 mètres de hauteur, sur lequel passe en ce lieu la voie.

Le cylindre extérieur a lui-même été violemment fracturé, et il s'est fendu suivant une ligne de moindre résistance, passant par les ouvertures qui conduisaient la vapeur au réservoir. Le métal s'est alors fracturé des deux parts, suivant deux sections droites, et il s'est renversé en se repliant dans un autre sens, sans toutefois se séparer du corps de la chaudière.

Enfin, l'un des tubes a été en même temps brisé, mais les autres tubes ne paraissent avoir subi aucune détérioration, non plus que les autres parties de la chaudière et spécialement le foyer.

Le mécanicien et le chauffeur ont été interrogés de suite sur les faits dont ils avaient été témoins, et ils ont protesté que d'après les indications du tube en verre, il n'y aurait pas eu manque d'eau, et que de plus ils n'avaient pas surchargé les soupapes.

Il résulterait maintenant, de l'aveu du machiniste, que l'indication du ressort servant à charger la soupape d'avant aurait été de $3\frac{1}{2}$ atmosphères, et comme l'échelle n'indiquait que la pression dite utile, il suit que la tension intérieure aurait été de $4\frac{1}{2}$ atmosphères.

Il est de plus notoire que dans certains passages difficiles et notamment dans le parcours des courbes, le machiniste appuyait maintes fois sur les leviers, de façon qu'il disposât encore d'une plus forte pression. C'est là une détestable pratique dont se rendent souvent coupables les mécaniciens

du chemin de fer, et qui devrait être punie de peines sévères.

Une forte surcharge des soupapes est ainsi bien constatée; mais il ne serait même nullement besoin de faire intervenir une circonstance semblable pour expliquer l'explosion. Quelle était en effet l'épaisseur du réservoir en cuivre dont avait été surmontée la chaudière? Deux millimètres seulement, et même, dans certaines parties, le métal était plus mince encore. Or, cette épaisseur, eu égard à la grandeur de la courbure, devait être légalement de 5 ou 6 millimètres au moins, et l'on a vraiment de la peine à concevoir comment ce réservoir, que ne maintenait aucun tirant, a pu si longtemps résister à l'action de la vapeur. A la longue, toutefois, la ténacité du métal se sera altérée, si l'on considère surtout que de temps en temps il avait à supporter des tensions supérieures à la pression normale, et les déchirures auront pu se produire sous l'influence de la pression ordinaire, de même qu'il arrive maintes fois à des essieux détériorés par un long service, ou quelque brusque choc, de se rompre dans le parcours de portions de la voie en très-bon état.

Cette déchirure du réservoir aura été accompagnée de la projection du fragment que l'on a trouvé à 10 mètres environ de la voie, et elle aura été suivie de la rupture et du déchirement de la surface correspondante du cylindre extérieur.

Ces divers effets sont d'une explication facile.

Relativement d'abord à la projection du fragment détaché, on trouve qu'en admettant même qu'il ait été lancé d'abord sous un angle de 70° avec l'horizontale, il lui suffirait, pour arriver à une distance horizontale de 10 mètres, que la vitesse initiale fût de $12^{m}.50$. On en déduit que l'expression du travail moteur nécessaire pour imprimer à ce poids de 24 kilogrammes la vitesse initiale capable de le lancer sous un pareil angle de projection, à

la distance donnée, serait à peine de 190 kilomètres.

Il suffisait pour produire un pareil travail qu'il se formât subitement derrière le fragment $\frac{1}{100}$ d'un mètre cube de vapeur à 3 atmosphères. Or, en admettant même qu'au moment de l'explosion la tension intérieure ne dépassât pas celle de 3 atmosphères, et considérant que la chaudière renfermait au moins 2 mètres cubes d'eau, on trouvera qu'il a dû se former spontanément plus de 60 mètres cubes de vapeur, dont une très-faible partie seulement, en agissant sur le fragment détaché, l'aura facilement projeté à la distance donnée.

La vapeur ainsi produite aura exercé de plus une action puissante et sur les fragments du réservoir encore attenants au cylindre extérieur, et sur la surface correspondante du cylindre. Or, cette partie se trouvait déjà fort affaiblie par le percement des trois grandes ouvertures destinées à faire arriver la vapeur dans le réservoir; et sous l'influence de cette double action, elle se sera facilement rompue, suivant une ligne passant par les ouvertures; en même temps que la tôle se déchirait, suivant deux sections droites, les fragments se seront repliés des deux côtés en sens inverse, sans néanmoins se détacher de la chaudière.

Ce déchirement suivant des sections droites est d'ailleurs d'autant plus facile à concevoir, que les fibres du métal étaient précisément dirigées dans le sens de la circonférence. La tôle était en outre de mauvaise qualité, d'une soudure très-incomplète, et il est véritablement déplorable qu'une chaudière de locomotive ait pu être fabriquée avec de pareils matériaux.

Résumant les observations et considérations qui précèdent, l'on est conduit à établir les conclusions suivantes :

1° La chaudière de la locomotive avait subi dans l'origine l'épreuve légale correspondante à une tension intérieure maximum de 3 atmosphères; mais depuis que cette

épreuve avait eu lieu, elle avait reçu des modifications importantes, telles que l'addition d'un magasin de vapeur en cuivre et le percement de trois grandes ouvertures destinées à y faire arriver la vapeur. Ces changements opérés, le constructeur devait immédiatement provoquer une nouvelle épreuve de l'appareil, et la contravention est d'autant plus forte, que le métal du magasin additionnel n'avait pas l'épaisseur légale;

2° Le peu de solidité de ce magasin et la grande diminution de solidité que la partie supérieure du cylindre devait présenter par suite du percement des trois grandes ouvertures signalées suffisent pour expliquer les diverses circonstances de l'explosion, sous l'influence même de la tension intérieure de 3 atmosphères; mais il est bien positif, en outre, que lors de l'accident la pression intérieure était plus considérable, sans que la quotité de cette augmentation puisse être certifiée précisément d'une manière bien nette;

3° La tôle employée pour la confection de la chaudière était d'une qualité très-inférieure, et le constructeur est fortement répréhensible de s'être servi, pour l'exécution d'un aussi important appareil, de matériaux de mauvaise qualité;

4° La surveillance de l'autorité administrative doit être exercée de la manière la plus rigoureuse, afin de mettre un terme aux détestables manœuvres au moyen desquelles les mécaniciens du chemin de fer produisent souvent une augmentation de pression intérieure, et il y a lieu de déférer, en outre, aux tribunaux, le procès-verbal des contraventions signalées et de provoquer contre leur auteur les peines prévues par la loi.

Lyon, le 4 novembre 1844.

4° *Rapport sur l'explosion d'une chaudière à vapeur de la sucrerie de Séclin.*

Par M. MEUGY, ingénieur des mines.

Le 5 octobre, dans la matinée, une chaudière à vapeur a éclaté dans la fabrique de sucre du sieur Desmazières, située à Séclin. Je me trouvais en tournée, à cette époque, dans l'arrondissement d'Avesnes, et ce n'est qu'à mon retour à Lille, le 13 du même mois, que le bruit public m'a donné connaissance de cet accident. Le lendemain, 14 octobre, je me suis empressé de me rendre sur les lieux pour procéder à une enquête sur les causes de cet événement; mais, à mon arrivée, les traces de l'explosion avaient presque entièrement disparu. Des ouvriers étaient occupés à réparer les dégâts causés par le sinistre, et les fragments du générateur rompu avaient été transportés chez M. Fontaine, fabricant de chaudières à la Madeleine-les-Lille. Je me suis donc borné alors à entendre les personnes qui avaient été témoins de l'accident, et j'ai jugé à propos de ne pas continuer l'enquête avant d'avoir examiné les débris de la chaudière et d'en avoir pris des dessins exacts. Malheureusement je n'ai pas tardé à reconnaître, en rapprochant par la pensée les morceaux épars, que les renseignements qui m'avaient été donnés chez le sieur Desmazières, étaient tout à fait faux. Son fils m'avait dit, en effet, qu'aucun fragment de la chaudière n'avait été projeté en dehors de l'établissement, que la calotte antérieure s'était seulement détachée et était allée tomber près de la meule de blé qui se trouve dans le verger voisin de la grange. Or, il ne s'est rien passé de semblable. Je suis donc retourné à Séclin, et ce n'est qu'après avoir pris de nouveaux renseignements et avoir levé le plan de l'usine, que j'ai pu reconnaître la cause de l'explosion et me faire une idée nette des effets qu'elle a produits.

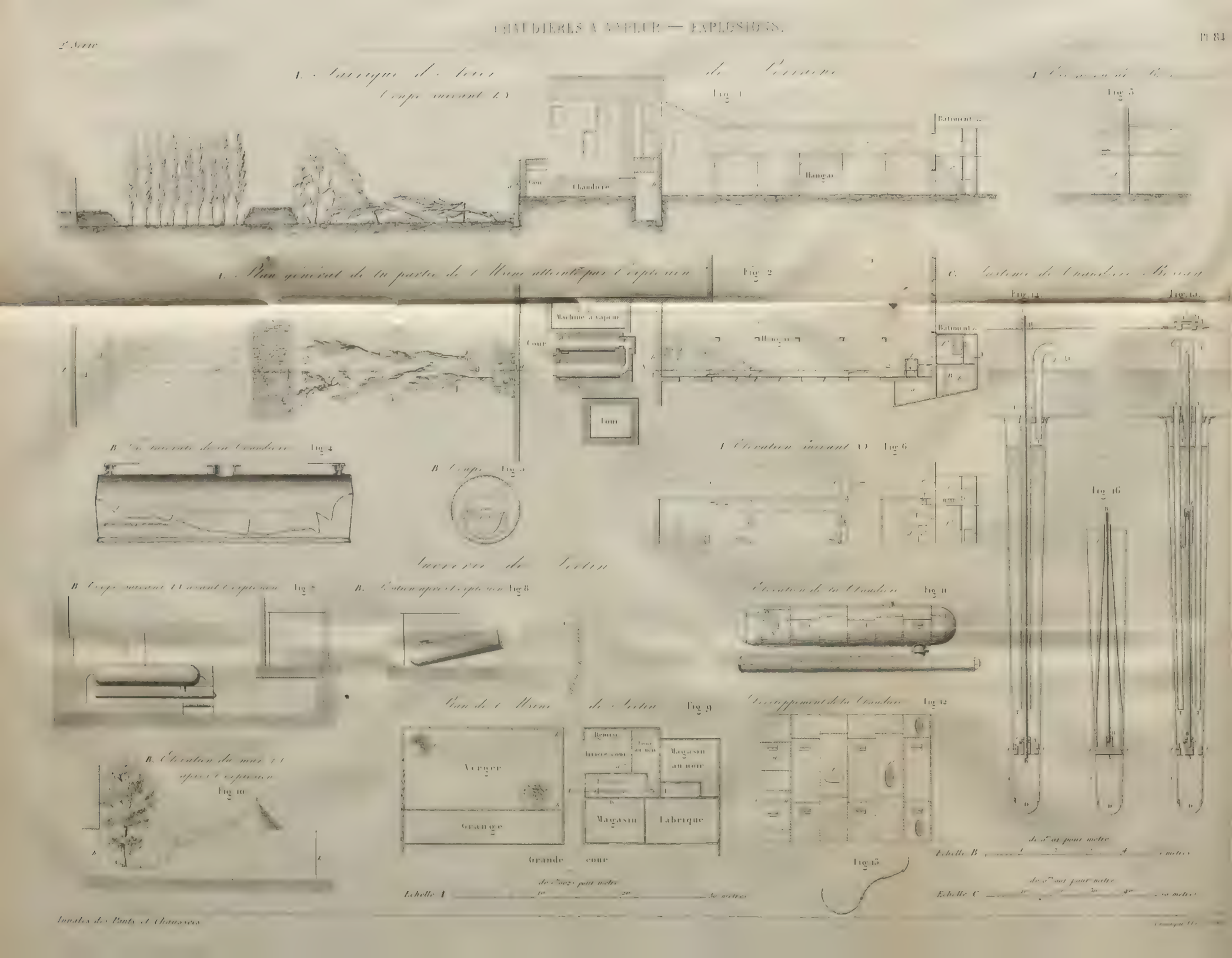
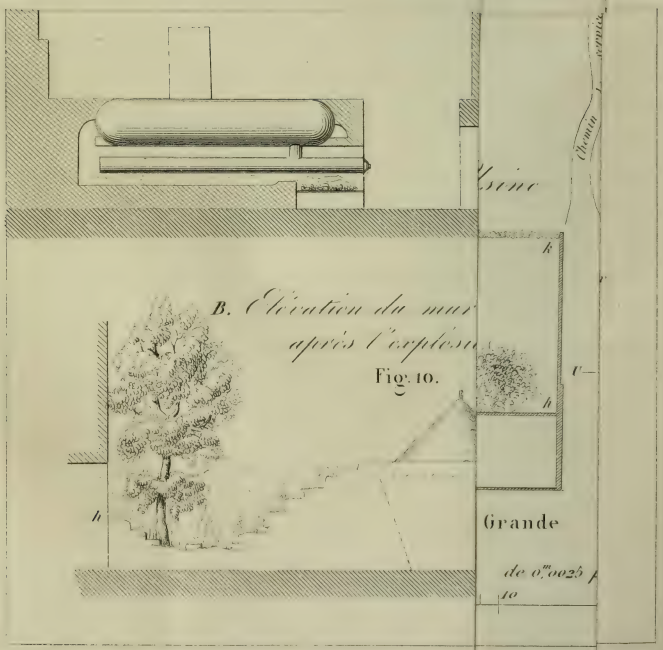


Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3
Fig. 4
Fig. 5
Fig. 6
Fig. 7
Fig. 8
Fig. 9
Fig. 10
Fig. 11
Fig. 12
Fig. 13
Fig. 14
Fig. 15
Fig. 16
Chaudière
Hangar
Batiment
Machine à vapeur
Cour
Tour
Verger
Grange
Remise
Arrière cour
Magasin au noir
Magasin
Fabrique
Grande cour
Echelle A
Echelle B
Echelle C

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY of ILLINOIS



La chaudière indiquée par le n° 2, sur le plan général de l'usine, Pl. 84, *fig.* 9, et en élévation latérale, *fig.* 7, sortait d'une fabrique d'Arras et avait fonctionné pendant plusieurs années chez M. Léonard, raffineur à Lille, qui la tenait lui-même d'un fabricant de sucre de Carvin. Cette chaudière avait déjà été l'objet de fréquentes réparations; on voit, en effet, en jetant les yeux sur la *fig.* 12, que le trou d'homme avait été déplacé et transporté de *t* en *t'*. Il est visible aussi que l'anneau de tôle α avait nécessité plusieurs raccommodages. M. Desmazières fit l'acquisition de cette chaudière au mois d'août 1843, et la substitua à un générateur cylindrique, sans bouilleurs, d'une capacité beaucoup moins grande, et qui d'ailleurs avait besoin d'être réparé. Cette année, M. Desmazières ayant remplacé le manége qui donnait le mouvement aux presses et à la râpe par une machine à vapeur à moyenne pression, de la force de six chevaux, et voulant en outre chauffer à la vapeur toutes ses chaudières d'évaporation et de cuisson, se décida à adjoindre un nouveau générateur à celui qui existait déjà en 1843. C'est dans ce but qu'il fit adapter des bouilleurs à son ancienne chaudière, laquelle fut établie, à côté de la première, dans le courant de septembre dernier. Elle est indiquée sur le plan, *fig.* 9, par le n° 1. Ces deux générateurs étaient enterrés dans le sol et placés, comme l'indique le plan, dans une arrière-cour attenante, d'un côté, à la sucrerie, et de l'autre à des terres appartenant au sieur Desmazières. Chacun d'eux était muni de deux soupapes de sûreté, de deux rondelles fusibles, d'un flotteur et d'un manomètre à air comprimé; ils n'étaient timbrés ni l'un ni l'autre. La chaudière n° 2 avait les dimensions suivantes :

	mèt.
Longueur.	6.50
Diamètre.	1.20
Longueur des bouilleurs.	7.00
Diamètre des bouilleurs.	0.50

Sa capacité totale était donc égale à $9^{m.c.}.623$.

Dès le premier jour de la mise en activité des appareils, c'est-à-dire neuf jours avant l'accident, le chauffeur avait remarqué de l'humidité sur la maçonnerie qui recouvrait la chaudière n° 2 ; mais le propriétaire de l'usine ne soupçonnant pas que cette chaudière, qui lui avait été garantie par M. Liénard, pût être fissurée, attribua cette humidité à une tout autre cause, et ne crut pas devoir s'arrêter à l'observation du chauffeur. Bien plus, il recommanda à celui-ci d'entretenir toujours un feu très-actif sous les deux générateurs, pour que le manque de vapeur ne pût entraver la marche de son établissement.

Quelques minutes avant l'explosion, un ouvrier de M. Debièvre, constructeur mécanicien à Lille, qui était venu pour réparer différentes pièces de machines chez M. Desmazières, se trouvait avec lui sur la chaudière n° 2. Le manomètre marquait alors 4 atmosphères et les soupapes ne soufflaient pas : celles-ci devaient donc être fortement chargées. D'ailleurs la chaudière n'étant pas timbrée, et par conséquent la tension maxima de la vapeur n'étant pas déterminée, la pression à laquelle on pouvait marcher devenait tout à fait arbitraire.

L'ouvrier aperçut une assez grande quantité d'eau sur la maçonnerie, et il se mit à retirer une brique pour voir d'où provenait cette fuite ; mais ayant remarqué que la chaudière faisait déjà quelques mouvements, il s'empressa de se retirer derrière la cheminée, dans le local de la machine, tandis que M. Desmazières se dirigeait par le magasin contigu aux chaudières, vers la grande cour. Le chauffeur n'avait sans doute pas compris le signal d'alarme qui venait d'être donné par l'ouvrier de M. Debièvre, car il aurait pu se sauver avec lui : toujours est-il que ce malheureux se trouvait près des fours au noir quand l'explosion eut lieu.

Il fut jeté à terre et couvert de brûlures. Cependant il

put se relever et courir jusqu'au milieu de la cour, où ses forces l'abandonnèrent. On le transporta aussitôt à l'hospice de Séclin, où on lui prodigua tous les soins que réclamait son état. Il était très-grièvement blessé, et on désespérait encore de le sauver lorsque je suis allé le voir pour la seconde fois, il y a une quinzaine de jours. Deux autres personnes ont aussi été atteintes par la vapeur; mais leurs blessures avaient peu de gravité, puisqu'elles sont maintenant complétement rétablies.

La rupture de la chaudière a eu lieu suivant trois plans, dont l'un est parallèle et les deux autres perpendiculaires à son axe. Elle s'est trouvée ainsi partagée en trois segments, savoir :

1° La calotte hémisphérique postérieure qui pesait environ 150 kilogrammes, et qui a été lancée à 30 mètres de distance de son emplacement primitif dans les terres qui touchent à l'usine. On l'a retrouvée au point C du plan;

2° La feuille de tôle contiguë à cette calotte et formant un anneau complet du cylindre; elle s'est fendue suivant la ligne horizontale *xy* parallèle à l'axe du générateur, et s'est déchirée suivant deux circonférences de cercle coïncidant avec les lignes de rivets, *fig.* 11 et 12; on l'a trouvée au point *a* dans l'arrière-cour et à demi-développée, comme on le voit *fig.* 13;

3° Le corps presque entier de la chaudière qui s'est détaché des bouilleurs, et qui est allé se renverser sur le mur *hk* en le détruisant en partie. Ce mur avait une épaisseur de $0^m.35$, *fig.* 8 et 10.

Les bouilleurs n'ont pas souffert de l'explosion; ils se sont seulement avancés d'environ 1 mètre en avant du fourneau.

Le local dans lequel se trouvaient renfermés les deux générateurs a été entièrement détruit. Ses débris ont été projetés à une grande hauteur et sont retombés sur les toitures en tuile de l'usine qu'ils ont endommagées en plu-

sieurs points. Ce sont eux qui sans doute ont aussi soulevé la pierre qui formait le couronnement de la cheminée. Cette pierre, qui se trouvait à environ 20 mètres au-dessus du sol, est tombée dans le local de la machine, où elle a blessé légèrement à la jambe l'ouvrier de M. Debièvre. Le mur B contigu à la chaudière a été fortement ébranlé. Enfin, tous les tuyaux adaptés aux deux générateurs ont été rompus et lancés par la vapeur à de grandes distances. On a retrouvé un robinet en *r* près de la meule de blé, à 35 mètres des fourneaux (voir le plan, *fig.* 9). Tels ont été les effets désastreux de l'explosion.

J'ai dessiné les différentes parties de la chaudière, et j'ai retrouvé, en les réunissant, les lignes de rupture qui sont indiquées dans les *fig.* 11 et 12. Cette dernière représente le développement de la partie cylindrique sur un plan horizontal. Le cylindre est supposé ouvert suivant la génératrice située entre les tubulures des bouilleurs et la surface extérieure ci-dessus. Un seul fragment de tôle a été perdu. C'est celui qui laisse un vide indiqué par les lettres *m n o p*. Il est essentiel de remarquer que la tôle, dont l'anneau cylindrique α est formé, était très-amincie dans le voisinage de la ligne de rupture xy, où son épaisseur se trouvait réduite de 10 millimètres à 3. Il y a même certains points, sur cette ligne, où la tôle conservait à peine 1 millimètre d'épaisseur. J'ai observé, de plus, que les bords des parties séparées, dans cette section de rupture, portaient des traces très-apparentes d'oxydation, tandis que partout ailleurs la chaudière ne paraissait nullement dégradée. L'explosion doit donc être attribuée au peu de résistance que présentait cette partie de la chaudière, par suite d'un amincissement progressif de la tôle, dû à une oxydation prolongée. Il en était résulté une fissure, et cette fissure existait déjà depuis longtemps. Car pendant les deux dernières années que la chaudière a fonctionné chez M. Liénard, celui-ci s'est plaint souvent

qu'elle perdait, et M. Fontaine, de Lille, a été appelé plusieurs fois pour rematter les joints et les rivures, où on supposait que la perte de vapeur avait lieu; mais on travaillait inutilement et la chaudière perdait toujours. Il est donc constant qu'une fissure existait déjà, deux années avant que M. Liénard ne vendît sa chaudière à M. Desmazières. D'ailleurs, il est facile d'expliquer comment cette fuite s'est produite chez M. Liénard. Un gros robinet qui fuyait constamment était adapté à un tuyau de prise de vapeur qui se trouvait placé à la partie postérieure du générateur, précisément sur l'anneau de tôle α. On comprend donc, sans peine, que la tôle se soit oxydée peu à peu, et qu'après plusieurs années elle ait pu s'amincir au point de se fissurer. D'après cela, je pense que l'accident de Séclin aurait fort bien pu arriver chez M. Liénard, si les besoins de son établissement avaient réclamé de la chaudière la production d'une grande quantité de vapeur; mais il fabriquait peu et la chaudière n'était pas fatiguée. Si même l'explosion n'a pas eu lieu l'année dernière chez M. Desmazières, c'est qu'alors la plupart des chaudières employées à la concentration des sirops et à la cuisson du sucre étant chauffées à feu nu et les différents artifices de l'usine étant mus par un manège, le générateur n'avait que très-peu de vapeur à fournir, et par conséquent on n'avait pas besoin de marcher à une forte pression. D'ailleurs, presque tous les tuyaux perdaient et prévenaient ainsi le danger, en supposant qu'il existât. Cette année, au contraire, M. Desmazières avait fait plusieurs modifications qui exigeaient un surcroît de force motrice et qui rendaient ainsi les chances d'explosion beaucoup plus grandes.

Il résulte des faits exposés ci-dessus, que la chaudière a dû se déchirer d'abord, suivant la ligne xy, parallèle aux génératrices du cylindre, au point où il existait déjà une ancienne fissure. Cette ligne de rupture se serait prolongée horizontalement, si elle n'eût pas rencontré, de part

et d'autre, au contact des rivures, des lignes de moindre résistance qui lui étaient perpendiculaires. L'anneau fendu α s'est alors déchiré, suivant ces lignes, et la chaudière s'est trouvée divisée en trois parties qui ont pu se mouvoir librement et indépendamment l'une de l'autre. Les effets mécaniques produits par l'explosion sont d'ailleurs faciles à expliquer. En effet, dès qu'une issue assez large a été offerte à l'eau et à la vapeur par la fente xy, la chaudière s'est trouvée sollicitée par une force résultant de la réaction sur la paroi opposée, force qui agissait dans un plan légèrement incliné à l'horizon et perpendiculairement à l'axe du cylindre. Cette force a eu pour premier effet de projeter l'anneau α dans l'arrière-cour, dans une direction normale au générateur. Ce premier tronçon étant séparé du corps de la chaudière et l'eau se précipitant par l'extrémité ouverte du cylindre, une seconde force de réaction est venue se joindre à la première, et la résultante de ces deux forces a eu pour effet, d'une part, de lancer la calotte hémisphérique postérieure en C, et, d'autre part, de faire pivoter le tronçon restant de la chaudière sur son centre de gravité, en lui communiquant en même temps un mouvement de translation tel, que ce tronçon est venu se rabattre sur le mur hk, dans la position où on le voit, *fig.* 8.

Il est probable qu'au moment où l'anneau α s'est détaché, la calotte hémisphérique postérieure a dû tourner sur elle-même, de manière à ce que la seconde force de réaction qui s'est produite ait agi sur elle dans un plan oblique à l'axe de la chaudière. On conçoit ainsi comment cette calotte a été lancée beaucoup plus loin que l'anneau α, celui-ci n'ayant obéi qu'à la force de réaction provenant de l'échappement de la vapeur par la fente xy, tandis que la calotte aurait été, comme le troisième tronçon, sollicitée en outre par une force beaucoup plus grande qui s'est développée dans le deuxième instant de l'explosion, force qui s'est exercée sur le tronçon principal, dans une direc-

tion parallèle à son axe, mais qui a agi sur la calotte postérieure, obliquement à la chaudière, par suite du dérangement que cette calotte avait éprouvé d'abord.

Quant aux bouilleurs, je suis porté à croire qu'ils ont été soulevés avec le corps principal du générateur au premier moment de l'explosion, et qu'ils sont ensuite retombés en se séparant du cylindre après l'avoir suivi un instant dans son mouvement de recul. Il est possible aussi que le soulèvement des bouilleurs ait contribué à accélérer le mouvement de la calotte postérieure dans un plan normal au cylindre.

Le seul fait de l'absence du timbre sur la chaudière en question, qui était placée déjà depuis un an chez M. Desmazières, suffit pour démontrer qu'il a contrevenu aux règlements sur la matière, lesquels exigent que toute chaudière soit soumise à un essai préalable avant d'être employée dans un établissement quelconque. Mais ce n'est pas seulement par l'inobservation des règlements que le sieur Desmazières s'est rendu coupable. En effet, il avait adressé à M. le préfet du Nord une demande, en date du 13 juin dernier, tendant à obtenir l'autorisation d'établir une machine à vapeur dans sa fabrique de sucre. Je m'étais transporté sur les lieux le 17 juillet, à l'effet d'examiner l'emplacement où le demandeur se proposait d'installer ses chaudières. L'une d'elles, le n° 1, se trouvait alors en réparation chez le fabricant; l'autre, celle qui a éclaté, était en place et n'avait pas fonctionné depuis plusieurs mois. J'avais cherché en vain, sur cette chaudière, le timbre constatant qu'elle avait subi l'épreuve légale, et j'avais averti le sieur Desmazières qu'il aurait à la faire essayer avant de s'en servir. L'extrait suivant du rapport, en date du 10 septembre, que je rédigeai sur sa demande, prouve assez que cette chaudière m'avait paru suspecte. Je disais dans ce rapport : « Les deux générateurs dont il est question » ne sont pas portés sur l'état général des appareils à va-

» peur, et les réparations qu'a nécessitées le n° 1, justifie-
» raient à elles seules l'essai préalable auquel il serait
» nécessaire de les soumettre tous deux avant de permettre
» leur remise en activité. »

Or, je suis convaincu que la chaudière n° 2 n'aurait pu supporter l'épreuve d'une pression triple à la pression effective, ou du moins cette épreuve aurait servi à faire reconnaître la fissure qui existait antérieurement à l'explosion, et aurait fait justice de la trop faible épaisseur de la tôle dans cette partie du générateur. L'essai aurait donc suffi pour prévenir l'accident qui est arrivé. Cependant le sieur Desmazières n'a pas craint de mettre cette chaudière en activité sans se conformer aux avis que je lui avais donnés. J'estime donc qu'il y a lieu de diriger contre lui des poursuites judiciaires, sous la prévention d'avoir contrevenu à l'ordonnance royale du 22 mai 1843, sur les appareils à vapeur, en se servant d'une chaudière non timbrée, et d'avoir par négligence causé involontairement des blessures graves à un ouvrier.

Résumé et conclusions.

1° L'explosion qui est survenue, le 5 octobre, à Séclin, dans la fabrique de sucre du sieur Desmazières, est le résultat d'une fissure ancienne qui s'est faite à la partie supérieure de la chaudière, vers son extrémité postérieure;

2° L'origine de cette fissure doit être attribuée à l'oxydation de la tôle par l'eau qui s'échappait d'un robinet adapté à la chaudière, lorsque celle-ci fonctionnait chez M. Liénard, raffineur à Lille, lequel en était possesseur avant que M. Desmazières en fît l'acquisition;

3° Le sieur Desmazières a enfreint les règlements, en employant dans son établissement une chaudière non timbrée, et il est d'autant plus coupable, qu'il a persisté à s'en servir sans la soumettre à un essai préalable, malgré l'injonction qui lui en avait été faite;

4° Cet accident démontre l'utilité des essais au moyen de la pompe de pression, surtout pour les vieilles chaudières, qui, après un long service, peuvent avoir éprouvé de graves avaries;

5° L'explosion de Séclin montre aussi qu'on doit éviter, autant que possible, de laisser ruisseler de l'eau sur les parois extérieures des chaudières, et surtout qu'on ne doit jamais négliger de vérifier avec soin leur état, toutes les fois qu'on a besoin d'enlever les dépôts terreux que l'eau forme dans leur intérieur.

Lille, 7 novembre 1844.

5° *Extrait d'un rapport sur l'explosion d'une des chaudières de la fabrique d'acier de Perrache, à Lyon*;

Par M. PIGEON, ingénieur des mines.

La fabrique d'acier, située à Lyon, quartier de Perrache, vient d'être le théâtre d'une explosion dont les effets ont été terribles.

La machine à vapeur qui fournit la force motrice nécessaire à cette usine, était alimentée par deux chaudières placées dans une cour, à côté l'une de l'autre; toutes deux étaient formées d'un cylindre-enveloppe et d'un cylindre intérieur excentrique contenant le foyer. La flamme et les gaz chauds se rendaient directement du cylindre intérieur dans la cheminée, sans circuler dans aucun carneau.

C'est une de ces chaudières qui a fait explosion, le 9 mai 1844. Sa longueur était de $7^{m}.70$. Le diamètre du cylindre extérieur formant le corps de la chaudière était de $2^{m}.00$; celui du cylindre intérieur était de $1^{m}.23$. Les épaisseurs de la tôle étaient de 10 millimètres pour le cylindre intérieur, et de 11 millimètres pour le cylindre

extérieur (1). Les sections de ces cylindres n'étaient pas concentriques; la distance entre les génératrices supérieures étant de $0^{m}.62$, et celle entre les génératrices inférieures de $0^{m}.13$. Il en résulte que la capacité de cette chaudière était de $15^{m.c.}.092$, et comme l'eau se tenait généralement à $0^{m}.30$ au-dessus de l'arête culminante du cylindre intérieur, $12^{m.c.}.43$ environ de cette capacité étaient occupés par l'eau; le reste servait à emmagasiner la vapeur.

Le cylindre intérieur n'était pas neuf; c'était une ancienne chaudière de forme cylindrique, dont on avait tiré parti pour construire la chaudière décrite ci-dessus; celle-ci avait d'ailleurs subi avec succès l'épreuve légale par la pompe de pression, dans les ateliers de M. Serves, à Rive-de-Gier, le 23 novembre 1843, et avait été, en conséquence, poinçonnée pour la pression de 4 atmosphères.

L'explosion a eu lieu à deux heures de l'après-midi, lorsque la plupart des ouvriers de la fabrique étaient déjà rentrés dans les ateliers; le chauffeur était alors occupé à charger la grille de l'autre chaudière. Les *fig.* 1, 2, 3 et 6, Pl. 84, donnent une idée bien exacte des lieux, et permettent aisément de se représenter les effets de l'explosion. D'un côté, l'eau et la vapeur sorties de l'avant de la chaudière, parcourent un espace de 5 mètres, et rencontrant un mur de $0^{m}.40$ d'épaisseur et de 4 mètres de hauteur, l'abattent sur 3 à 5 mètres de largeur, et continuant leur course à travers une plantation de peupliers, renversent les arbres qui se trouvent sur leur passage, et jonchent le sol des débris du mur, dont quelques-uns sont lancés à plus de 50 mètres de distance. De l'autre côté, l'eau et la

(1) Ces épaisseurs, calculées d'après la table n° 1, annexée à l'ordonnance du 22 mai 1843, auraient dû être de $13^{mm}.8$ pour le cylindre-enveloppe, et de $9^{mm}.7$ pour le cylindre intérieur. En outre, il est à remarquer que ce dernier cylindre, rentrant dans le cas prévu par l'art. 18 de la dite ordonnance, devait présenter une épaisseur de tôle plus considérable que celle donnée par la table ci-dessus, et être renforcé par des armatures suffisantes, ce qui n'avait pas lieu.

vapeur sorties de l'arrière de la chaudière, renversent d'abord le mur en briques du conduit qui aboutit à la cheminée. Cette espèce de trombe traverse ensuite une sorte de hangar servant de dépôt pour les sables et argiles, rencontre le mur mitoyen avec la cour d'un établissement de moulins à vapeur, et renversant, sur une largeur d'environ 5 mètres, ce mur de 6 mètres de hauteur et de $0^m.40$ d'épaisseur, elle s'élance à travers cette brèche et s'engouffre dans la cour de cette usine en longeant à droite la muraille qui limite la cour de ce côté, et pénètre à gauche sous un vaste hangar, dont elle soulève et détache en divers points la toiture de zinc; puis, après avoir traversé cette cour, dont la longueur est de 32 mètres, elle va se heurter contre le bâtiment opposé B, entre par la porte et les fenêtres, renverse la paroi d'une chambre à coucher, et se répandant dans les chambres voisines, brise les vitres et soulève et déchire les plafonds. En même temps les débris du mur emportés par la trombe se répandent çà et là sur le sol de la cour, brisent les gouttières en fonte de la muraille latérale, et quelques-uns d'entre eux venant heurter le mur de face avec une grande violence, cassent une gouttière et laissent de fortes empreintes sur la muraille, dont une pierre de taille se trouve même déplacée de 4 à 5 centimètres.

Deux enfants qui se trouvaient à côté d'une meule située dans un renfoncement derrière la chambre de la machine, et tout près de la cheminée, furent atteints par la vapeur; ils sont morts de leurs brûlures, l'un quelques heures après l'accident, l'autre le lendemain.

Ce sont les seules victimes de cette explosion, et pareil événement est déjà sans doute bien déplorable; mais on frémit en songeant à ce qui aurait pu arriver, si la rupture de la chaudière avait eu lieu dans un tout autre moment ! La cour et le hangar de l'établissement des moulins à vapeur, qui se trouvent maintes fois, dans le cours de la journée,

remplis d'ouvriers, étaient, par le plus grand des hasards, tout à fait déserts. Personne ne se trouvait dans la partie du logis contre laquelle le courant est venu se heurter, et le portier de l'établissement était lui-même absent de sa loge, où sont entrées quelques pierres.

Aucun passant ne se trouvait non plus sur le chemin qui traverse les plantations situées de l'autre côté de la fabrique d'acier, et il n'y avait dans la portion de la cour qui se trouve sur le devant des chaudières, d'autre ouvrier que le chauffeur. Ce dernier se trouvait, comme on l'a déjà dit, devant la seconde chaudière, et il ne fut que légèrement atteint par la vapeur.

Ce fut seulement le lendemain de l'accident qu'il en fut donné avis à l'ingénieur des mines, M. Pigeon, qui se rendit immédiatement sur les lieux, où, soit dans l'aciérie, soit dans le moulin à vapeur, rien n'avait encore été changé de place.

Le cylindre intérieur contenant le foyer s'était écrasé sur toute sa longueur, et diverses fentes et ouvertures s'y étaient produites transversalement à l'axe. L'écrasement a eu lieu à la partie supérieure, comme l'indiquent les *fig.* 4 et 5, de telle sorte que la paroi écrasée est presque venue rejoindre, sur une certaine longueur, la partie inférieure du cylindre. Les deux déchirures principales ont eu lieu à 1 mètre environ des fonds de la chaudière; elles se sont sensiblement produites suivant deux plans perpendiculaires à l'axe, et par l'effet de l'écrasement, le métal s'est disjoint sur des largeurs de $0^m.34$ et $0^m.60$ Deux autres fissures se sont produites dans la partie intermédiaire et toujours suivant des sections planes; mais l'écartement n'a pas été de plus de $0^m.16$ pour l'une et de $0^m.08$ pour l'autre.

C'est par ces diverses ouvertures, et surtout par celles qui s'étaient formées aux extrémités de la chaudière, que

sont sorties les masses d'eau et de vapeur qui ont produit les effets terribles décrits plus haut.

Quelle a été maintenant la cause de l'écrasement du cylindre intérieur, et doit-on faire intervenir, pour l'expliquer, la production instantanée d'une grande masse de vapeur, déterminée par l'abaissement de l'eau intérieure au-dessous du niveau des carneaux, et l'échauffement au rouge de certaines parties des parois?

Interrogé à cet égard, le chauffeur a formellement déclaré que, quelques instants avant l'explosion, il avait chargé la grille, et qu'il ne s'était aperçu d'aucun abaissement du niveau de l'eau. L'un des chefs de l'établissement a ajouté, de plus, qu'il était passé 4 ou 5 minutes auparavant devant la chaudière, et qu'ayant alors examiné le tube indicateur, il avait constaté que l'eau se trouvait à un niveau convenable, c'est-à-dire à $0^{m}.30$ environ au-dessus de l'arête culminante du cylindre intérieur.

La vérification des poids et leviers des deux soupapes a montré que les charges correspondaient aux tensions de 4 atmosphères un quart pour l'une des soupapes, et de 4 atmosphères un huitième pour l'autre : l'estampille ne portait, il est vrai, que le timbre de 4 atmosphères; mais l'on ne saurait, dans la circonstance présente, attacher à cette légère surcharge une importance réelle. On alléguera, il est vrai, qu'au moment de l'explosion les soupapes pouvaient être fortement surchargées par des poids additionnels que l'on aurait ultérieurement retirés; mais il n'existe, à cet égard, de preuves ou d'inductions d'aucun genre, et comme la chaudière avait une puissance de vaporisation plus grande que ne l'exigeait la force de la machine qu'elle alimentait, on ne peut croire que les chefs de l'établissement se soient gratuitement rendus coupables d'une pareille contravention.

Il ne paraît donc pas probable que, lors de l'explosion, la tension de la vapeur dans l'intérieur de la chaudière dé-

passât 4 atmosphères un huitième, et il est facile de concevoir comment la continuité de cette pression a pu produire l'écrasement. Six mois auparavant, sans doute, cette chaudière avait subi l'épreuve légale, correspondant au triple de la tension habituelle qu'elle devait supporter; mais, depuis lors, elle avait été soumise à un service fort actif, et peut-être même s'était-elle déjà un peu déformée par suite de quelques coups de feu. L'examen des parties écrasées a montré, de plus, que la tôle était de qualité très-médiocre : ainsi ce n'était, en beaucoup de points, qu'une réunion de plaques mal soudées, bien distinctes les unes des autres, et comme les fibres se trouvaient en outre, par suite de la disposition des feuilles, dirigées suivant la circonférence, il en résultait que la chaudière avait une tendance spéciale à se fendre et à s'ouvrir dans ce sens.

Comme les tuyaux cylindriques offrent bien moins de résistance lorsqu'ils sont pressés du dehors au dedans que lorsque la pression s'exerce à l'intérieur, on s'explique aisément comment il se fait que le cylindre extérieur, quoique d'un plus grand diamètre et ayant une épaisseur moindre que celle voulue par les règlements, ait pu ne subir aucune déformation apparente, tandis que le cylindre intérieur s'écrasait sous la même pression, et l'on en conclura qu'il est indispensable, dans les chaudières de ce genre, de relier les deux chaudières par un système convenable d'armatures et de tirants (2).

En somme, le mode de construction même de la chaudière, ainsi que l'état peu satisfaisant du cylindre intérieur, suffisent pour rendre compte de l'écrasement et du déchirement de ce cylindre, sous l'influence prolongée de la tension normale, d'autant plus que, peu de minutes auparavant, le chauffeur avait rechargé la grille et activé le feu, dans le but de s'assurer, pour la reprise du travail, une

(2) Cette condition est imposée, comme on l'a déjà fait remarquer, par l'article 18 de l'ordonnance du 22 mai 1843

forte prodution de vapeur : l'intensité de la combustion lui aurait même paru telle, qu'il venait de rouvrir les portes du foyer.

Quant aux effets terribles dus à la projection de la vapeur et de l'eau liquide, ils s'expliquent également très-bien, sans qu'il soit nécessaire de supposer le développement d'un excès de pression considérable, par des calculs analogues à ceux développés par M. Combes (*Annales des ponts et chaussées*, 2e série, t. IV, pages 176 et 206), en les attribuant à l'énorme puissance mécanique, réellement accumulée dans une masse d'eau de $12^{m.c.}.43$, chauffée à la température de $145^{\circ}.4$, puissance qui équivaut à un travail moteur de 15 600 000 kilogrammes à un mètre; non compris le travail moteur développé par 503 mètres cubes ou 1026 kilogrammes de vapeur se détendant de 4 à 1 atmosphères, travail que l'on ne pourrait évaluer qu'en tenant un compte exact des pertes de chaleur occasionnées par le contact de l'air et par la dilatation même de la vapeur, qui dans tous les cas a dû être considérable.

La simple énonciation du fait de la production instantanée de plus de 500 mètres cubes de vapeur ayant une tension de 4 atmosphères, et la considération de la vitesse énorme qu'ils ont dû, dans les premiers instants du mouvement, imprimer à la masse liquide entraînée, font aisément concevoir le renversement de deux murailles de $0^{m}.40$ d'épaisseur, et la projection de pierres pesant 10 à 12 kilogrammes, jusqu'à 50 mètres de distance. On s'explique de même, comment la chaudière a dû se déplacer de $0^{m}.30$ vers l'avant, en considérant que le cylindre intérieur a dû se déchirer et s'écraser d'abord en arrière. L'eau se précipitant alors par cette ouverture, il a dû se produire sur la face opposée un effort de réaction égal au poids d'un prisme d'eau qui aurait eu pour base la section de cet orifice ($0^{m.\,carré}.6$), et pour hauteur le double de celle due à la vitesse de sortie; effort énorme et bien plus que suf-

fisant pour expliquer le déplacement de la chaudière.

C'est sans doute pendant ce déplacement que le cylindre intérieur venant à s'écraser sur toute sa longueur, les autres fuites, et notamment la grande ouverture d'avant, se seront produites. L'eau projetée par la vapeur se sera précipitée par ces nouvelles issues, et aura facilement abattu le mur qui lui était opposé.

Quant au soulèvement du toit du hangar et des plafonds des chambres dans lesquelles la vapeur a pénétré, ils s'expliquent aisément en les considérant comme le résultat de son expansion, et ils montrent nettement qu'après un parcours de près de 40 mètres, une partie de la vapeur continuait à se dilater, et se trouvait par conséquent encore à une tension supérieure à celle de l'atmosphère.

En résumé, on doit surtout attribuer les effets de cette explosion au contact subit, avec l'atmosphère, d'une masse d'eau considérable, chauffée à 145°.4 au moins. C'est en cela que les chaudières de grande capacité sont surtout dangereuses, et il est rare que leur rupture ne soit pas accompagnée de dégâts terribles, tandis que les explosions des chaudières d'une faible capacité sont rarement désastreuses. Ce peu de capacité est le cas de la plus grande partie des chaudières employées pour la navigation fluviale, et dans lesquelles on augmente autant que possible la surface de chauffe aux dépens du volume intérieur. Les irrégularités de forme qui en résultent doivent également, en cas de rupture, contrarier beaucoup le mouvement de sortie de l'eau. Ainsi, la chaudière du bateau *le Zéphyr*, qui se rompit en 1844, renfermait 5 à 6 mètres cubes d'eau, et la difficulté que l'eau dut éprouver à circuler entre les nombreux tubes intérieurs, l'empêcha de sortir avec grande violence par l'ouverture étroite qui s'était formée; la chaudière d'un autre bateau de la Saône, *le Lavaret*, qui avait également fait explosion en 1844, ne renfermait pas plus de 18 hectolitres d'eau. Dans l'un et l'autre cas,

la vapeur et l'eau firent irruption dans la chambre de la machine, mais ils n'y eut ni rupture ni renversement d'aucunes parois, tandis que si la chaudière de l'aciérie eût été placée sur un bateau et se fût déchirée de la même manière, il en fût résulté une épouvantable catastrophe.

C'est pour prévenir de pareils accidents, que l'ordonnance du 22 mai 1843, prescrit pour les chaudières de grande capacité, la construction de murs de défense de 1 mètre d'épaisseur, complétement isolés de la maçonnerie des fourneaux et du mur mitoyen ; cette disposition n'avait pas encore été remplie par les propriétaires de la fabrique d'acier, et sous ce rapport ils se sont rendus coupables d'une véritable contravention.

Résumant les observations et considérations qui précèdent, on est conduit aux conclusions suivantes :

1° L'écrasement et la rupture de la chaudière de l'aciérie de Perrache se sont produits sous l'action continue et prolongée de la tension intérieure normale de 4 atmosphères, pour laquelle la chaudière avait été essayée et poinçonnée;

2° Cet accident doit être imputé à la mauvaise qualité de la tôle dont était formé le cylindre intérieur et qui s'était sans doute détérioré depuis la dernière épreuve; à la forme même de la chaudière qui prédisposait ce cylindre à l'écrasement; enfin, à l'absence de tirants et d'armatures reliant les deux cylindres et susceptibles de prévenir l'écrasement (3);

3° Les effets de l'explosion s'expliquent complétement tant par la considération de la grande masse d'eau projetée et du volume énorme de vapeur à haute pression qui a dû se produire, lorsque l'eau intérieure s'est trouvée spontanément en contact avec l'atmosphère, que par celle de

(3) En outre, comme on l'a déjà fait remarquer, la tôle de la chaudière n'offrait pas les épaisseurs *minima* prescrites par l'article 18 de l'ordonnance du 22 mai 1843 et l'instruction du 22 juillet de la même année.

la grande vitesse que la tension de cette vapeur a dû communiquer à la masse d'eau non vaporisée ;

4° Les propriétaires de l'aciérie se sont rendus coupables d'une contravention à l'art. 36 de l'ordonnance du 22 mai 1843, pour n'avoir pas construit en bonne et solide maçonnerie un mur de défense de 1 mètre d'épaisseur, complétement séparé du massif de maçonnerie des fourneaux, par un espace libre de $0^m.50$ au moins, et également distinct des murs mitoyens ; cette construction eût, à coup sûr, atténué considérablement les dégâts causés par l'explosion (4).

6° *Rapport fait à la commission centrale des machines à vapeur sur l'explosion d'un bouilleur de chaudière dans l'établissement du sieur Biron, satineur de papier, à Paris.*

Par M. COMBES, ingénieur en chef des mines.

Exposé. — Le 10 février 1845, le fond du bouilleur vertical d'une chaudière établie chez le sieur Biron, satineur de papier, rue Suger, n° 7, s'est subitement détaché de la chaudière ; le jet d'eau chaude et de vapeur a brûlé très-grièvement deux enfants qui se chauffaient devant la porte du foyer.

Les ingénieurs en chef et ordinaire des mines chargés de la surveillance des machines à vapeur dans le département de la Seine, eurent connaissance de cet accident par les journaux du 11 février ; M. l'ingénieur ordinaire

(4) Le moyen le plus efficace d'atténuer les effets des explosions, consiste à enterrer les chaudières en contre-bas du sol, et les laissant à découvert, ou recouvrant d'une toiture très-légère le local où elles sont renfermées. Il est évident que si des dispositions de ce genre avaient été adoptées à l'aciérie de Perrache, les dégâts causés au dehors par l'explosion du 9 mai auraient été beaucoup moindres.

de Sénarmont se transporta immédiatement sur les lieux pour procéder à une enquête sur les causes de l'accident. Son rapport, approuvé le même jour et adressé par l'ingénieur en chef à M. le préfet de police, constate les faits suivants :

La chaudière du sieur Biron, établie au rez-de-chaussée, dans un emplacement séparé du reste de l'atelier par une cloison en planches, était une chaudière cylindrique munie d'un seul bouilleur vertical, construite dans le système de M. Beslay, et sortie des ateliers de ce constructeur, où elle avait déjà servi. Elle se composait d'un cylindre horizontal et d'un tube bouilleur vertical qui descendait dans le fourneau. La *fig.* 14 de la Pl. 84 représente la section d'une partie de la chaudière et du bouilleur par un plan vertical passant par l'axe de la première. Elle montre les dispositions particulières aux chaudières du système de M. Beslay. Le bouilleur vertical ne communique pas librement avec le corps de la chaudière, dont il est séparé par un diaphragme, dans lequel sont vissés deux tubes de $0^m.025$ à $0^m.030$ de diamètre intérieur. L'un de ces tubes TT′ débouche à la partie inférieure de la chaudière et descend dans le bouilleur jusque vers les 3/4 de sa profondeur. L'autre T_1 T'_1 débouche au contraire à la partie supérieure du bouilleur au-dessous du diaphragme, traverse l'eau contenue dans la chaudière, et s'élève jusque dans l'espace réservé à la vapeur, dans lequel il a son orifice supérieur, qui est tourné vers le bas. Par suite de ces dispositions, l'eau alimentaire qui est foulée dans la chaudière pénètre dans le bouilleur, en descendant par le tube TT′, et la vapeur générée dans le bouilleur, le long de ses parois, s'élève à sa partie supérieure et se dégage par le second tube $T_1T'_1$. Celui-ci est recourbé vers le bas, afin de donner au jet de vapeur humide une direction de haut en bas, que l'on suppose utile, pour purger la vapeur

de l'eau liquide qu'elle entraîne. Ces dispositions, dont je n'ai pas ici à discuter le degré d'efficacité, ont exigé que le bouilleur vertical eût un fond amovible, afin qu'on pût le réunir au corps de la chaudière, et ensuite le nettoyer et le visiter au besoin. On a pourvu à cette nécessité en composant ce bouilleur de deux parties distinctes; la partie supérieure est clouée par des rivets à une tubulure fixée sous la chaudière : le fond C est rapproché du reste du bouilleur et fixé à celui-ci par un simple boulon de tirage en fer BB, de $2^{m}.60$ de longueur environ, qui passe dans l'axe du bouilleur et du tube TT', s'engage par son extrémité inférieure dans la douille d'une bride transversale A fixée au fond amovible C, où il est fixé par une clavette qui traverse la douille et le boulon de tirage, et dont l'extrémité supérieure traverse le dôme de la chaudière, au-dessus duquel il est retenu par un écrou E, dont le serrage détermine le rapprochement de la partie inférieure C du corps du bouilleur. Pour ouvrir celui-ci au besoin, il suffit de dévisser l'écrou E, de laisser couler le tirant BB, jusqu'à ce que la clavette dépasse le bord inférieur de la partie fixe du bouilleur. On chasse ensuite cette clavette à coups de marteau, et le fond C qui se détache laisse le bouilleur ouvert. Dans le cas où le tube TT', la seule voie par laquelle l'eau pénètre dans le bouilleur, viendrait à s'obstruer, celui-ci serait bientôt vide d'eau, ses parois s'échaufferaient fortement, et si alors l'eau rentrait dans ce bouilleur, il y aurait presque sûrement une explosion. Pour parer à ce danger, la calotte D du fond du bouilleur est une pièce en cuivre qui est réunie par une simple soudure à la paroi verticale Si l'eau manque dans le bouilleur, la soudure fond, la calotte D se détache et le jet de vapeur ou d'eau chaude qui sort alors de la chaudière par le tube TT' doit éteindre le feu et rendre une explosion impossible. La description qui précède était indispensable pour faire comprendre les circonstances de

l'accident arrivé le 10 février chez le sieur Biron. Cet accident a été occasionné par la rupture de la bride A, en dessous de la clavette : c'était l'heure du repas des ouvriers ; deux enfants, qui étaient venus s'asseoir devant le foyer pour se chauffer, et qui avaient leurs pieds dans le cendrier, ont été grièvement brûlés par l'eau chaude sortie de la chaudière. Lors de la visite de l'ingénieur, la chaudière était déjà réparée, de sorte que la pièce dont la rupture avait déterminé l'accident n'a pu être visitée. Il résulte de la déclaration des ouvriers que le tirant s'est rompu dans l'œil qui reçoit la clavette, lorsqu'on a voulu serrer l'écrou E pour remettre en place le fond du bouilleur après la réparation ; ce qui n'aurait certainement pas eu lieu, si ce tirant n'eût été déjà fortement endommagé la veille. L'ingénieur a d'ailleurs constaté plusieurs contraventions dont le sieur Biron s'était rendu coupable, et dont les principales sont : une forte surcharge des soupapes, dont les poids correspondaient à une tension de la vapeur de 10 atmosphères, double de celle pour laquelle la chaudière avait été autorisée et timbrée. Le mauvais état du manomètre fermé, qui aurait dû être remplacé par un manomètre à air libre : la douille ou la bride A avait déjà cédé un mois environ avant l'accident du 10 février. Il en était résulté une fuite d'eau et de vapeur qui n'avait occasionné de blessures à personne. La bride avait été réparée par un ouvrier ordinaire, ignorant des appareils à vapeur ; l'autorité n'avait pas été prévenue et n'avait pu faire subir à la chaudière une nouvelle pression d'épreuve. Ces contraventions, qui ont eu lieu malgré les injonctions réitérées faites au sieur Biron par les ingénieurs chargés du service des appareils à vapeur, le garde-mines et le commissaire de police du quartier, de se conformer aux prescriptions de l'ordonnance royale du 22 mai 1843, ont déterminé M. le préfet de police, conformément à l'avis de l'ingénieur en chef, à interdire au sieur Biron

l'usage de ses appareils à vapeur, jusqu'à ce qu'il eût justifié que toutes les prescriptions de l'ordonnance royale étaient accomplies, et à transmettre le rapport de l'ingénieur ordinaire des mines à M. le procureur du roi, pour qu'il fût exercé des poursuites devant les tribunaux compétents.

Observations.

Depuis que mon attention a été éveillée par l'accident dont je viens de retracer les circonstances principales, j'ai examiné avec attention le système de construction des chaudières de M. Beslay; je me suis demandé si, indépendamment des contraventions dont le sieur Biron s'est rendu coupable, il n'y avait pas quelque vice inhérent à ce système qui pût donner lieu fréquemment à des fuites par le joint qui sépare le fond amovible du corps du bouilleur vertical, ou à la chute accidentelle de ce fond; enfin j'ai dû prendre des informations sur la manière dont s'étaient comportées quelques chaudières du même système, existantes dans le département de la Seine. Il m'a paru évident d'abord que la jonction du fond C du bouilleur avec la partie supérieure, au moyen du boulon de tirage BB, était vicieuse, en ce que les différences inévitables de dilatation entre le tirant et les parois de la chaudière et du bouilleur devaient avoir pour résultat, soit des fuites d'eau par le joint *xx*, si le tirant se dilatait plus que les parois, soit une traction énorme, et dont il est à peu près impossible de calculer la limite, si c'étaient les parois du bouilleur et de la chaudière qui se dilataient plus que le tirant. C'est ce dernier cas qui doit généralement arriver. Car l'écrou E étant serré à froid, les parois du bouilleur qui sont exposées à l'action directe du foyer et de la flamme doivent s'allonger plus que le tirant qui, étant placé dans l'intérieur de la chaudière, ne peut prendre qu'une température égale à celle du liquide où il est im-

mergé. Ce tirant subit donc une énorme tension qui doit l'énerver et le prédisposer à la rupture. Il est en outre affaibli encore par l'entaille rectangulaire qui reçoit la clavette *i*. Ce que je viens de dire du tirant BB est applicable en partie à la douille et à la bride A ; enfin, la clavette *i* peut sortir accidentellement. Il peut donc arriver que, dans une chaudière qui aura d'ailleurs convenablement subi la pression d'épreuve, et qui ensuite sera bien conduite, le fond C du bouilleur vienne à se détacher, comme cela est arrivé chez le sieur Biron, sans qu'il y ait négligence de la part du chauffeur ou du maître de la chaudière. D'un autre côté, ne peut-il pas arriver que la soudure qui lie la calotte D au fond C du bouilleur se fonde, sans qu'il manque d'eau dans le bouilleur, soit parce que cette partie du bouilleur est enfoncée au milieu du combustible embrasé (comme cela a lieu quand on chauffe avec du coke), et par conséquent très-vivement chauffée extérieurement, soit parce que quelque dépôt formé au fond du bouilleur aura empêché le contact immédiat de l'eau et des parois soudées? (Je dois faire remarquer que M. Beslay affirme qu'il ne se forme jamais de dépôt incrustant au fond de ses bouilleurs, ce qu'il attribue à l'influence des deux courants en sens inverse qui existent dans le liquide, dont ils sont remplis). Que ce soit le fond C tout entier ou la calotte D qui se détache, le résultat sera le même. Dans l'un et l'autre cas, le contenu du bouilleur commencera par se vider dans le feu ; ensuite des jets d'eau chaude et de vapeur sortiront du corps de la chaudière par les tubes TT', $T_1T'_1$. Le bouilleur ne contient pas une quantité d'eau assez considérable, et les tubes qui traversent le diaphragme ont un diamètre trop petit pour qu'il puisse en résulter une forte explosion capable de renverser le fourneau, de bouleverser le local de la chaudière et d'étendre au loin ses ravages. Cependant cela pourra suffire pour blesser plus ou moins grièvement, et peut-être pour tuer

le chauffeur ou les autres personnes qui seraient près du fourneau au moment de l'accident, lors même que la calotte D se dessouderait par suite du manque d'eau dans le bouilleur, qui aurait cessé d'être alimenté par l'obstruction accidentelle du tube qui le met en communication avec le fond de la chaudière ; il est évident que la cause d'obstruction cesserait au moment de la chute de la calotte, parce que le corps obstructeur serait chassé par l'excès de la pression de la vapeur dans la chaudière. Il y aurait donc encore, même dans ce dernier cas, un jet d'eau chaude et de vapeur suffisant pour brûler grièvement les personnes qui pourraient se trouver près de la porte du fourneau.

Si ces aperçus étaient justes, les chaudières du système de M. Beslay ne pourraient être le sujet d'explosions graves et étendant au loin leurs ravages ; mais en revanche, elles pourraient donner fréquemment lieu à des accidents analogues à celui du 10 février, accidents dont la plupart seraient restés ignorés de l'administration, parce qu'ils auraient eu lieu sans bruit, et n'auraient occasionné, le plus souvent, que des brûlures, ou même n'auraient eu aucune suite, si personne ne se trouvait auprès du fourneau au moment où le fond du bouilleur se serait détaché.

Les investigations auxquelles je me suis livré m'ont appris en effet, que plusieurs chaudières du système de M. Beslay avaient donné lieu à des accidents de ce genre. Il y a plusieurs années déjà, et avant que je fusse chargé du service des machines à vapeur dans le département de la Seine, la calotte de fond d'un bouilleur d'une chaudière de M. Beslay, placée à l'Hôtel-des-Monnaies, se détacha : le chauffeur fut brûlé, peu grièvement à ce qu'il paraît, par le jet d'eau chaude et de vapeur.

Une chaudière du même système était employée par le sieur Guérin Boutron, fabricant de chocolat, rue du Vieux-Colombier, n° 5 ; le chauffeur était un sieur Picard,

qui avait travaillé auparavant dans des ateliers de construction, et qui est encore employé comme chauffeur dans la nouvelle fabrique de chocolat du même M. Boutron, située boulevard Poissonnière, n° 25. Le sieur Picard m'a déclaré que la calotte de fond du bouilleur de la chaudière placée rue du Vieux-Colombier, n° 5, s'était dessoudée plusieurs fois, sans qu'il en résultât jamais de blessures pour personne, et qu'une fois le fond tout entier du bouilleur était tombé, par suite de la rupture de la bride ou de l'extrémité du tirant à l'endroit où ils étaient réunis par une clavette. Lorsque ce dernier accident est arrivé, le sieur Picard venait de charger du combustible sur la grille; il quittait le local de la chaudière, dont il avait à peine franchi le seuil, au moment où le bouilleur se vida dans le foyer. Il en résulta une petite explosion. La porte en fonte du foyer fut ouverte avec une telle violence, qu'elle se brisa contre les pierres latérales de l'embrasure dont elle occupait l'extrémité. Un tampon en briques qui fermait une autre ouverture ménagée à travers la paroi du fourneau, fut lancé avec force contre le mur. Le combustible fut lancé et éparpillé dans le local de la chaudière. Il est évident que si l'accident fût arrivé pendant que le chauffeur chargeait la grille de combustible, il eût été grièvement blessé et peut-être tué. Personne n'ayant été blessé, l'accident est resté ignoré de l'administration jusqu'à ces derniers jours, où je suis allé prendre des informations à ce sujet. M. Beslay, à qui j'ai communiqué les faits qui précèdent, m'a dit que la chaudière dont M. Boutron faisait usage dans la rue du Vieux-Colombier, était insuffisante pour le service simultané de la machine motrice et du chauffage auquel elle était employée; qu'en conséquence, elle était surmenée, que l'alimentation était insuffisante, et qu'il fallait attribuer à ces causes les accidents survenus qui, du reste, n'avaient pas eu de suite, et prouvaient par cela même la bonté du système.

Une chaudière de M. Beslay a été placée, il y a dix-huit mois, dans la fabrique de pompes à incendie de M. Guérin et Cie, rue du Marché-d'Aguesseau. Il résulte de la déclaration de M. Guérin, qu'il s'est servi, pendant fort peu de temps, de cette chaudière, qui ne fonctionne pas actuellement, et que pendant qu'il en a fait usage, il n'est arrivé aucun accident. Il m'a, du reste, communiqué le dessin de sa chaudière, *fig.* 15. M. Beslay a reconnu lui-même les défauts de son ancien système de construction ; car il l'a modifié dans les dernières chaudières qui sont sorties de ses ateliers. Ici, la partie fixe du bouilleur porte à son extrémité inférieure un anneau ou bague fixée à la paroi par des rivets. Sur cette bague s'appuient les deux branches d'une fourche qui y sont soudées, *fig.* 15 et 16 ; les branches de cette fourche s'élèvent dans le bouilleur et se réunissent en une tige ronde *bc*, percée dans son axe d'un trou cylindrique formant douille. Le fond mobile du bouilleur, terminé supérieurement par une bride à douille A, comme dans le premier système, est retenu par le tirant BB ; ce tirant, qui est réuni à la douille A par la clavette *i*, s'élève dans l'axe du bouilleur entre les deux branches de la fourche, passe dans la douille ménagée à travers la tige *bc*, et dépasse cette douille de 15 à 20 centimètres. Cette extrémité supérieure du tirant porte un pas de vis sur lequel se visse un écrou à douille adapté à l'extrémité d'une tige *tt'* qui traverse le diaphragme séparatif du bouilleur et de la chaudière, et passe dans l'axe du tube T_1T_1', vissé dans ce diaphragme, et par lequel la vapeur générée dans le bouilleur se dégage : une ouverture suffisante pour qu'on y passe la main, est ménagée dans le dôme de la chaudière, directement au-dessus du tube T_1T_1' et de la tige. Cette ouverture est fermée par une plaque P analogue à celle des *trous d'homme*. Le tube T_1T_1' est coiffé d'une sorte de coupe renversée amovible. C'est par l'ouverture supérieure que l'on passe une clef

qui s'adapte sur l'extrémité de la tige *tt'*, et au moyen de laquelle on tourne cette tige pour visser l'écrou qui la termine sur l'extrémité du tirant BB. Les bords de la douille et de l'écrou viennent s'appuyer sur l'embase que forment les bords de la tige de la fourche, et l'on obtient ainsi le rapprochement du fond C du bouilleur et le serrage nécessaire pour que le joint *xx* ne laisse plus passer l'eau. TT', TT, *fig.* 15, sont les deux tubes alimentaires qui descendent dans le bouilleur. Quand on veut ouvrir le bouilleur par le fond, on ouvre la porte P, on dévisse l'écrou de la tige *tt'*, jusqu'à ce que la clavette *i* soit descendue au-dessous du point *xx;* on chasse cette clavette, et le fond C se détache. On le remet en place sans difficulté par une manœuvre inverse. Cette disposition est évidemment préférable à la première. Ici la dilatation des parois du bouilleur et de la chaudière n'influe pas sur la tension que subit le tirant BB. Cependant il peut encore y avoir des différences de dilatation entre le tirant BB et les branches de la fourche. Celles-ci doivent résister par compression à la pression de la vapeur qui s'exerce sur le fond du bouilleur, et peuvent fléchir. Enfin, la clavette *i* peut sortir accidentellement. Les entailles pratiquées dans le tirant et la douille pour la recevoir affaiblissent ces pièces. La fourche, le tirant, la tige à écrou, tout cela est d'un ajustage très-difficile et délicat. En définitive, on voit encore des objections à faire contre ce mode d'assemblage, bien qu'il soit évidemment préférable au premier. Au surplus, il résulte des renseignements que j'ai fait prendre dans les ateliers de la compagnie du chemin de fer d'Orléans, où l'on a plusieurs chaudières du système de M. Beslay, dans lesquelles le mode d'assemblage du fond du bouilleur, est le même que dans la chaudière du sieur Guérin, qu'il est en effet arrivé que le fond d'un bouilleur s'est détaché par suite de la chute de la clavette *i*.

Tels sont les renseignements que j'ai pu me procurer sur les *chaudières à bouilleurs verticaux* du système de M. Beslay ; j'ajouterai qu'elles sont assez peu usitées depuis quelque temps dans le département de la Seine. Depuis le 20 mai 1844, on n'a eu à essayer aucune chaudière de ce genre dans les ateliers de M. Beslay, et à cette époque, on en a éprouvé trois qui étaient destinées aux ateliers de la marine à Brest. Chacune d'elles avait 18 bouilleurs verticaux.

Résumé et conclusions.

Il me paraît résulter des faits exposés ci-dessus :

1° Que les chaudières à bouilleurs verticaux du système de celle qui était employée chez le sieur Biron ne pourraient que très-difficilement donner lieu à des explosions graves et étendant leurs ravages au loin, quand bien même elles seraient mal conduites et mal dirigées. La partie qui céderait la première, dans presque tous les cas, serait le fond de l'un des bouilleurs, et la sortie de l'eau et de la vapeur qui aurait lieu par là ne serait pas assez rapide pour produire de grands effets destructeurs.

2° D'un autre côté, avec le mode de construction et d'assemblage mis en œuvre jusqu'ici, il paraît certain que la calotte de fond des bouilleurs ou le fond tout entier peuvent se détacher accidentellement, sans qu'il y ait faute ou négligence de la part du chauffeur ou du propriétaire des chaudières dont nous nous occupons. Par suite d'accidents semblables qui ont été assez fréquents, les personnes qui se trouvent placées près du foyer, au moment de l'accident, peuvent être brûlées plus ou moins grièvement ou même tuées par des projections de corps solides.

Les inconvénients que l'on peut reprocher aux chaudières du système de M. Beslay ne me semblent cependant pas assez graves pour que l'administration en défende

l'usage. Il est même possible qu'on parvienne à les faire disparaître par des modifications apportées au mode actuel de construction, qui est déjà préférable à celui que l'on suivait précédemment. Ils sont compensés d'ailleurs par quelques avantages.

J'estime en conséquence que l'administration doit se borner à faire connaître au public et aux ingénieurs les faits parvenus à sa connaissance, relativement à ces chaudières, par une publication dans les *Annales des mines* et les *Annales des ponts et chaussées*.

La commission, après en avoir délibéré, approuve le rapport qui précède et en adopte les conclusions.

7° *Rapport sur les causes probables qui ont déterminé la rupture d'un essieu de locomotive sur le chemin de fer d'Anzin à Abscon;*

Par M. COMTE, ingénieur des mines.

Le 14 mars dernier, l'essieu de devant de la locomotive l'*Active*, qui conduisait un convoi sur le chemin de fer d'Anzin à Abscon, s'est rompu brusquement. Le machiniste est parvenu à arrêter assez promptement la marche du convoi, et cette rupture d'essieu n'a été suivie d'aucun accident.

Nous avons examiné l'essieu brisé et fait une enquête dans le but d'arriver à la connaissance des causes qui en ont déterminé la rupture. Cet essieu, sorti des ateliers de M. Hallette, à Arras, présentait les dimensions que nous indiquons, Pl. 83, *fig.* 15.

La section de rupture était normale à l'axe et placée à l'une des extrémités de la partie intermédiaire de l'essieu, à la naissance du bourrelet qui sert au calage. L'essieu lui-

même, examiné attentivement, quant à sa constitution intérieure, n'a présenté qu'un défaut de soudure d'une étendue relativement peu considérable. Les deux surfaces non soudées affectaient la forme d'un arc de cercle, *fig.* 16, et l'ouverture qu'elles laissaient entre elles avait sa convexité tournée vers le centre de l'essieu. Les parois de cette ouverture étaient hérissées de petites aspérités indiquant un commencement de cristallisation du fer; l'essieu, dans toutes ses autres parties, paraissait bien homogène.

A l'inspection de la section de rupture, on ne pouvait avoir aucune indication sur la nature du fer qui constituait l'essieu, parce que la locomotive ayant marché quelque temps encore après l'accident, les deux parties de cet essieu avaient tourné l'une sur l'autre, et acquis, par le frottement, une sorte de poli. Nous avons donc fait briser l'une d'elles à l'extrémité de la fusée, de manière à détacher quelques fragments du boudin extérieur. Nous avons obtenu deux cassures fraîches : dans l'une d'elles, le fer a présenté un peu de nerf; dans l'autre, au contraire, de larges paillettes de deux millimètres au moins de largeur.

Ce fer n'était donc pas de très-bonne qualité; néanmoins cette circonstance et celle du défaut de soudure ne suffisent pas pour expliquer la rupture de l'essieu. Il faut rechercher la cause de cet accident dans l'état de la voie sur laquelle la locomotive circulait. Cette voie est établie sur dés en pierre, et présente, comme on sait, des courbes de petit rayon. Sa rigidité, résultant de son mode de construction, était encore augmentée par l'effet de la gelée, et, de plus, cette gelée avait occasionné, surtout aux changements de voie, des différences de niveau, dont l'effet inévitable était de soumettre les roues et les essieux à des chocs fréquents : on trouve une preuve de l'influence de ces chocs dans le fait suivant, observé dans les mêmes

circonstances que celles où la rupture de l'essieu a eu lieu : un assez grand nombre de roues appartenant à des waggons de transport de charbon, roues dont la jante est en fonte coulée en coquille, avaient été mises hors de service par suite d'éclats enlevés, *fig.* 14, sur le bord de leur jante le plus rapproché de l'axe du chemin. Ce fait, qui s'est reproduit souvent, constate bien la réalité des chocs dont nous parlons, et fait comprendre comment le mauvais état de la voie combiné avec la nature un peu défectueuse de l'essieu qui s'est brisé, a pu déterminer l'accident du 14 mars dernier.

Valenciennes, le 27 avril 1845.

8° *Rapport au préfet de la Seine-Inférieure sur l'explosion d'une chaudière, dans l'établissement du sieur Dumesnil, à Sotteville (Seine-Inférieure)*;

Par M. DE SAINT-LÉGER, ingénieur en chef des mines.

Je me suis rendu hier, 5 de ce mois, dans la savonnerie du sieur Dumesnil, à Sotteville, pour rechercher les causes de l'explosion survenue le 20 août 1845, dans cet établissement.

J'ai vu le sieur Dumesnil lui-même, ainsi qu'un de ses contre-maîtres. Ils étaient tous deux très-près de la chaudière lorsqu'elle a éclaté, et m'ont donné les plus grands détails sur toutes les circonstances qui ont précédé et suivi l'accident.

Le sieur Dumesnil, qui a le bras gauche cassé près de l'épaule, est encore fort souffrant, mais son état ne paraît plus présenter de danger. Il résulte de sa déclaration :

Que le sieur Renaud fils, chaudronnier, rue Martainville, lui a fourni il y a trois ans environ (il n'a pas pu

préciser les dates, parce que ses papiers ont été bouleversés, et qu'on ne les a pas retrouvés immédiatement), une grande chaudière à air libre, ayant la forme d'une moitié d'œuf, et dont la largeur, à la partie supérieure, ainsi que la profondeur, étaient de $2^{m}.45$ environ.

Que le sieur Dumesnil a employé cette chaudière pendant environ une année, à cuire à feu nu des matières destinées à la fabrication du savon. Que ces matières s'attachant quelquefois au fond de la chaudière, la partie tout à fait inférieure avait été brûlée, et qu'on avait reconnu la nécessité d'une réparation.

Que le sieur Renaud fils en avait été chargé, et que pour prévenir le retour des mêmes inconvénients, le sieur Dumesnil avait demandé l'addition d'un double fond en tôle, enveloppant toute la partie inférieure de la chaudière sur la moitié de sa hauteur et laissant entre deux un espace destiné à être rempli d'eau et de vapeur pour faire chauffer les matières renfermées dans la chaudière sans qu'il y eût jamais de danger de brûler ni elles, ni la tôle.

Le travail fut exécuté et la chaudière livrée au sieur Dumesnil, qui ne put pas s'en servir, parce que des fuites nombreuses se manifestaient autour de la jonction du double fond, dès qu'on essayait d'y introduire de la vapeur.

Le sieur Renaud y travailla de nouveau; une autre tentative d'emploi eut lieu sans plus de succès, et enfin après une dernière réparation du sieur Renaud, celui-ci voulut contraindre le sieur Dumesnil à prendre livraison de la chaudière, et à lui payer un mémoire qui montait à environ 2 000 fr., tandis que la chaudière neuve n'avait été vendue que 1 150 fr.

De là, procès devant le tribunal de commerce, qui renvoya l'affaire au sieur Gaudry, chaudronnier à Rouen, chargé de concilier, s'il était possible, et dans le cas contraire de présenter un rapport.

Selon le sieur Dumesnil, le sieur Gaudry aurait voulu l'amener à accepter la chaudière et à la payer, sauf une légère réduction sur le montant du mémoire, si elle était en état de supporter une pression de trois atmosphères. Le sieur Gaudry annonça même formellement son intention d'en faire l'épreuve *avec de la vapeur*.

Le sieur Dumesnil prétend s'être toujours opposé à cette partie de la transaction et avoir refusé de se trouver présent à l'épreuve qui eut lieu dans un champ situé derrière la fabrique d'huile du sieur Cavelier, rue du Puits, à Sotteville.

Quoi qu'il en soit, le rapport du sieur Gaudry, dont je n'ai pas encore pu avoir connaissance, mais qu'il sera facile de retrouver, fut déposé au greffe du tribunal de commerce le 18 juillet 1844, et un jugement du tribunal condamna le sieur Dumesnil à payer.

Les choses restèrent dans cet état pendant plusieurs mois, probablement par suite d'embarras d'argent chez le sieur Dumesnil, qui persistait à ne pas faire poser la chaudière dans son établissement. Il s'y décida enfin il y a quelque temps, et voulant, avant de faire la dépense d'un fourneau solide, s'assurer si la cuisson se ferait bien à l'aide de ce double fond, il disposa lui-même avec ses ouvriers un fourneau provisoire, à l'aide duquel il chauffa sa chaudière après avoir rempli d'eau le double fond. Une soupape de sûreté posée par le sieur Renaud laissait dégager l'excès de vapeur produite dans le double fond, et une pompe alimentaire permettait de remplacer très-facilement, dit-on, le peu de vapeur perdue par la soupape. Deux essais qui parurent favorables furent faits de cette manière par le sieur Dumesnil, qui se décida à faire construire un fourneau solide. La soupape fut conservée sans y rien changer, à ce que déclare le sieur Dumesnil, sauf le bout de tuyau établissant communication du double fond à cette soupape, lequel tuyau étant trop court et mal disposé par le sieur

Renaud, avait été changé par le sieur Chalmé, chaudronnier à Saint-Sever.

Le 20 août, lendemain du désastre de Monville, le sieur Dumesnil a mis le feu à son nouveau fourneau, le matin, et a commencé à chauffer très-lentement pour sécher les maçonneries. On a ensuite élevé la température sans parvenir à faire bouillir les matières contenues dans la chaudière aussi bien qu'on l'avait fait pendant les deux essais avec fourneau provisoire. A six heures du soir la soupape *perdait beaucoup de vapeur*, à ce que déclare le sieur Dumesnil : tout à coup elle ne perdit plus, et environ deux minutes après une explosion épouvantable se fit entendre; le toit de l'établissement fut enlevé et les débris projetés au loin.

Quatre personnes, savoir : le sieur Dumesnil, son beau-frère, un contre-maître et un maçon, se trouvaient auprès de la chaudière, et par une sorte de miracle deux seulement ont été blessées, le sieur Dumesnil et son beau-frère. Le premier n'a eu que quelques brûlures légères et un bras cassé. Le second, outre un poignet cassé, a reçu à la tête des contusions tellement graves que sa vie est encore aujourd'hui dans le plus grand danger.

Aussitôt qu'à mon retour de tournée j'ai eu connaissance de ce triste événement, je me suis rendu sur les lieux ; j'ai examiné en détail la chaudière qui est encore en place et la soupape qui était démontée.

La partie intérieure de la chaudière correspondant au double fond s'est déchirée sur une longueur de plus de deux mètres, mais aucune partie de quelque importance n'a été projetée au loin. L'eau que contenait le double fond, et par suite l'huile et les lessives de potasses placées dans la chaudière ont seules été lancées au dehors. Le toit de l'établissement n'a été enlevé que par suite de la compression de l'air subitement produite par l'expansion de la vapeur.

Le premier coup d'œil jeté sur la chaudière suffit pour expliquer cet accident, évidemment dû à l'ignorance du propriétaire de l'établissement et des chaudronniers, dont l'un a fait l'appareil que l'autre a essayé et jugé.

Cette chaudière et son double fond n'étant nullement faits pour résister à une pression de trois atmosphères, s'ils avaient été soumis à l'épreuve prescrite par les règlements ils eussent infailliblement été enfoncés.

Il y a ici contravention manifeste aux articles 1 et 2 de l'ordonnance du 22 mai 1843; des accidents graves en ont été la suite, et pour réprimer les tentatives semblables qui se multiplient depuis un certain temps, il est indispensable de faire un exemple, en sévissant contre qui de droit.

Je pense, monsieur le préfet, qu'il y a lieu de faire mettre immédiatement sous les scellés, afin qu'on ne change rien à l'état actuel des choses, toute la partie de l'établissement du sieur Dumesnil, qui avoisine le hangar où l'explosion s'est manifestée, et de déférer cette affaire à l'autorité judiciaire.

N° 134.

RÉSUMÉ

d'un mémoire sur l'élasticité du bois (*);

Par M. HAGEN, conseiller supérieur des travaux publics de Prusse, membre de l'Académie des sciences de Berlin.

Les expériences qui servent de base au mémoire ont été faites sur des verges prismatiques de section quarrée ou rectangulaire dont le côté a varié depuis $0^m.0065$ jusqu'à $0^m.0392$ (de $\frac{1}{4}$ à 1 pouce $\frac{1}{2}$ du pied de Prusse).

Ces verges avaient été taillées, à l'aide d'une scie circulaire, dans des pièces d'un bois parfaitement sain, sec et à fibres bien rectilignes.

On les encastrait solidement vers leur extrémité inférieure dans une position verticale, et le poids variable qui déterminait la flexion agissait sur l'extrémité supérieure, dans une direction horizontale, à l'aide d'une poulie de renvoi, alternativement dans deux sens opposés.

Les flexions étaient indiquées par une aiguille fixée à l'extrémité de la règle.

Cette disposition de l'appareil est fondée sur la propriété remarquable dont jouit la courbe élastique, que, pour de petits écarts de la ligne droite, la tangente à l'extrémité inclinée rencontre toujours au même point la tangente à l'extrémité fixe ou la ligne droite qui détermine la position première de la lame élastique.

Lorsque l'extrémité supérieure est tirée par une force

(*) Ce résumé, extrait par l'auteur d'une lecture faite à l'Académie de Berlin, le 28 novembre 1842, a été communiqué à la commission des Annales par M. L. Lalanne, ingénieur des ponts et chaussées, d'après le désir que M. Hagen avait exprimé.

normale à la direction première de la verge, le point de rencontre des deux tangentes se trouve à $\frac{1}{3}$ de la longueur, à partir du point d'encastrement ; à $\frac{1}{4}$ de cette longueur si la même force, sans changer de direction, est répartie sur toute la longueur de la verge.

Enfin, dans le cas où la verge est posée verticalement sur un plan horizontal fixe et chargée d'un poids qui agit constamment suivant la direction première de cette verge, la tangente à l'une des extrémités coupe la tangente verticale à la courbe, en un point dont la distance au plan de pose est encore constante et égale à la longueur de la verge divisée par le nombre π (1).

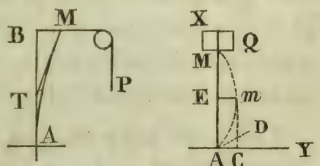
Pour calculer la valeur de l'élasticité d'après la flexion

---

(1) La démonstration de ces élégantes propositions, qui n'avaient été signalées ni par Poisson ni par Navier, se déduit très-simplement des équations données par ces auteurs, notamment par Navier, dans ses *Leçons sur la résistance des matériaux.*

Soit en effet :

AM la verge élastique ;
a sa longueur ;
f l'écartement BM ;
P le poids agissant suivant BM.



Navier donne la relation $\text{tang BTM} = \frac{3f}{2a}$ (2e édition, page 49).

Or, $\text{BT} = \frac{\text{BM}}{\text{tang BTM}}$; donc $\text{BT} = f \times \frac{2a}{3f} = \frac{2}{3}a$, et $\text{AT} = \frac{1}{3}a$.

En conservant les mêmes données, mais en admettant que la flexion soit déterminée par des poids uniformément répartis sur la longueur, on aura la relation (page 51) $\text{tang BTM} = \frac{4f}{3a}$, d'où $\text{BT} = \frac{3}{4}a$, et $\text{AT} = \frac{1}{4}a$.

Si l'on considère maintenant la verge AmM posée sur un appui horizontal en A, sans encastrement, et chargée à la partie supérieure du poids Q, maintenu dans la verticale AM ; que l'on adopte les mêmes notations que ci-dessus, on aura la relation $y = f \sin \pi \frac{x}{a}$ (Navier, page 247). De là $\frac{dy}{dx} = \frac{\pi f}{a} \cos \pi \frac{x}{a}$. Pour le point A, $x = 0$, et $\frac{dy}{dx} = \frac{\pi f}{a}$. Or, $\frac{\text{CA}}{\text{CD}} = \frac{dy}{dx}$ au point A. Donc $\frac{\text{CA}}{\text{CD}} = \frac{\pi f}{a}$; mais $f = \text{CA}$, donc $\text{CD} = \frac{a}{\pi}$. C.Q.F.D.

observée et d'après le poids qui détermine celle-ci, il faut d'abord savoir si les résistances des fibres à l'extension et à la compression peuvent être considérées comme égales. C'est ce que l'on est disposé à admettre si l'on considère que la forme des corps, dans leur état naturel, paraît résulter de l'équilibre de certaines forces, tant attractives que répulsives. Dans cette hypothèse, la fibre qui ne change pas de longueur se trouve au milieu de la verge prismatique de section rectangulaire; l'*axe neutre* sera également éloigné du côté concave et du côté convexe, comme le suppose M. Poisson. Cependant des observations faites en Angleterre sur la courbure de larges pièces ont fait naître l'opinion que, dans le bois comme dans le fer, l'axe neutre est plus rapproché du côté concave, c'est-à-dire qu'une fibre s'allonge plus qu'elle ne se raccourcit sous des efforts égaux de traction et de compression. Mais il faut remarquer que les expériences n'ont pas été faites avec assez de précision, et que l'on ne s'y est pas renfermé dans les limites de l'élasticité.

J'ai donc supposé que la résistance de chaque fibre à l'allongement est égale à celle qu'elle oppose au raccourcissement, et je calcule, à l'aide de cette hypothèse, d'après la flexion observée, le *module d'élasticité*, c'est-à-dire le poids qui devrait allonger une verge dont l'aire serait égale à l'unité de surface, jusqu'au double de sa longueur, sans que l'élasticité cesse d'être la même (2).

---

(2) Nous prenons pour unité de surface le millimètre quarré, et pour unité de poids le kilogramme. Hauteur a pris pour unité de surface le pouce quarré prussien, et pour unité de poids la livre prussienne.

Les différentes mesures prussiennes employées dans cette note sont celles qui sont usitées depuis le decret du 16 mai 1816.

Leurs valeurs sont les suivantes :

Livre $= 0^{\text{kilog.}}.467711$;

Pouce $= \frac{1}{12}$ du pied du Rhin ($0^{\text{m}}.313854$) $= 0^{\text{m}}.0261546$.

On en conclut que pour rapporter au module d'élasticité métrique, ces nombres, exprimés au moyen du module d'élasticité prussien, il faut

Pour le bois de sapin, les expériences faites sur deux verges taillées dans une pièce assez résineuse, m'ont donné les valeurs 1385 et 1428 pour le module d'élasticité.

La mesure directe de l'allongement d'une verge très-mince, taillée dans la même pièce, m'a donné 1391.

Le module d'élasticité a été trouvé de 26.7 par l'observation de la courbure de deux autres verges, taillées dans la même pièce de sapin, l'axe étant normal à la direction des fibres.

La mesure directe de l'allongement donne 25.7 pour la valeur de ce module.

Ces deux genres différents d'expériences confirment donc l'exactitude de l'hypothèse, pour cette espèce de bois, dans la limite des erreurs d'observation. M. Barlow n'est pas parvenu au même résultat en comparant ses expériences sur la flexion du fer laminé avec celles qu'il a faites sur l'allongement direct des mêmes pièces. Mais cela tient à quelques erreurs qu'il a commises dans la détermination des coefficients constants. Si l'on opère sur des formules exactes et que l'on rejette les expériences où la flexion a été la plus forte, on trouve que les autres expériences de flexion donnent encore le même module d'élasticité que l'observation directe.

On peut donc affirmer qu'en général les résistances à l'allongement et au raccourcissement sont égales.

Mes observations sur diverses essences de bois ont donné, pour le module de l'élasticité et pour les limites de l'allongement relatif qui déchire les fibres, les résultats renfermés dans le tableau suivant.

---

les multiplier par le rapport $\frac{0.467711}{(26.154)^2} = 0,0006837$. C'est au moyen de ce coefficient que l'on a fait les transformations de modules indiquées dans le cours de ce résumé.

	NOMBRE des verges observées.	MODULE D'ÉLASTICITÉ en kilogrammes, par millimètre quarré.	MODULE D'ÉLASTICITÉ en livres de Prusse, par pouce carré du pied prussien.	LIMITE de l'allongement.
I. L'axe de la verge étant parallèle à la direction des fibres :				
1. Bois de sapin (*pinus sylvestris*). .	9	1 204	1 760 000	0.0115
2. Bois de pin (*pinus abies*).	1	1 330	1 945 000	0.0107
3. Bois de chêne (*quercus*).	5	1 051	1 537 000	0.0139
4. Bois de hêtre (*fagus sylvatica*). . .	2	1 483	2 168 000	0.0118
5. Bois de charme (*carpinus betulus*).	2	1 467	2 145 000	0.0124
II. L'axe de la verge étant normal à la direction des fibres :				
1. Bois de sapin.	2	25.3	37 000	0.0268
2. Bois de pin.	1	15.7	23 000	0.0303
3. Bois de chêne.	2	71.8	105 000	0.0190
4. Bois de hêtre.	2	66.3	97 000	0.0500
5. Bois de charme.	1	64.6	94 500	0.0250

L'erreur moyenne du module de l'élasticité d'une seule verge s'élève à peu près à $\frac{1}{6}$; elle se réduit à $\frac{1}{20}$, si les verges sont taillées dans la même pièce. L'erreur de la détermination de la limite de l'allongement est plus grande.

Si l'axe de la verge fait un angle (φ) avec la direction des fibres, le module de l'élasticité de cette verge (e) se compose du module d'élasticité dans la direction des fibres (e'), et de celui dans la direction normale (e'') suivant une loi exprimée par la formule :

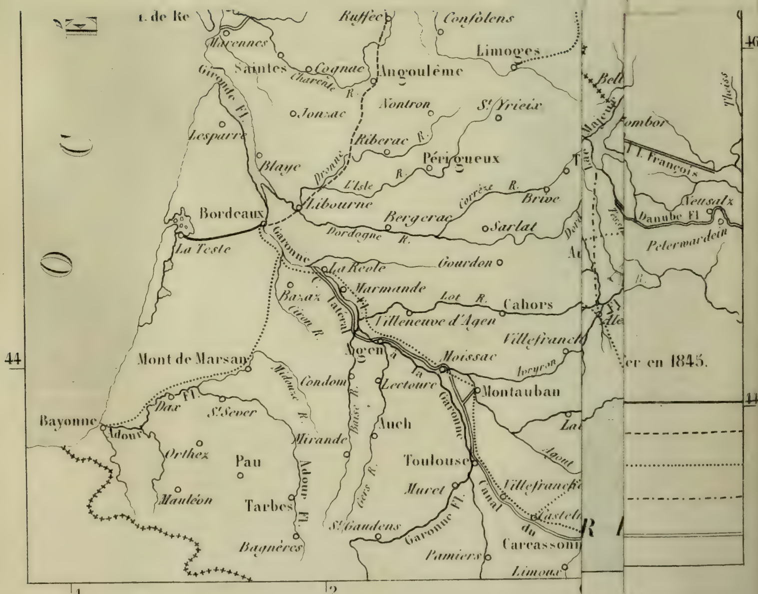
$$e = \frac{e' \,.\, e''}{e' \,.\, \sin^3\varphi + e'' \cos^3\varphi}.$$

Plusieurs observations faites avec du bois de sapin et de chêne ont prouvé l'exactitude de cette formule.

Enfin j'ajoute que je n'ai pas trouvé de différence remarquable entre l'élasticité du cœur et de l'aubier d'une même pièce de bois ; mais le module d'élasticité diminue, si l'on mouille le bois. Cette diminution est égale, pour le bois de sapin, à $\frac{1}{12}$ dans la direction des fibres, et même à $\frac{5}{8}$ dans la direction normale.

CHEMINS DE FER ALLEMANDS. — CARTE.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY of ILLINOIS



Annales des Ponts et Chaussées.

Adam et Lemaire.

N° 135.

NOTICE

Sur l'état des chemins de fer allemands en 1844;

Par M. BAUMGARTEN, Ingénieur des ponts et chaussées.

SOMMAIRE.

Exposé. Renseignements généraux.
I. Chemins de fer autrichiens ; page 276.
II. Chemins de fer prussiens ; page 306.
III. Chemins de fer saxons ; page 386.
IV. Chemin de fer de Hambourg à Bergedorf ; page 402.
V. Chemins de fer du grand-duché de Schleswig-Holstein ; page 405.
VI. Chemins de fer du Brunswick ; page 411.
VII. Chemins de fer hanovriens ; page 418.
VIII. Chemins de fer de la Hesse-Électorale ; page 424.
IX. Chemins de fer bavarois ; page 427.
X. Chemins de fer wurtembergeois ; page 436.
XI. Chemins de fer badois ; page 440.
XII. Chemin de fer du Taunus, de Francfort à Wiesbaden; page 452.

Nous croyons être agréable à nos camarades en leur communiquant les renseignements que nous avons recueillis sur l'état actuel des chemins de fer en Allemagne, renseignements que nous avons pris nous-même sur les lieux pendant l'été dernier, et que nous avons complétés au moyen de l'excellent journal sur les travaux publics et sur l'architecture, publié à Vienne par M. Louis Forster, qui avait alors pour collaborateur principal un de nos jeunes compatriotes, M. Alfred Lecointe, dont nous avons

mis l'obligeance plusieurs fois à l'épreuve; du travail statistique important sur les chemins de fer allemands par M. de Reden, ex-directeur du chemin de fer de Berlin à Stettin; de quelques articles du journal sur les constructions, publié par M. Romberg, à Leipzig, et d'un petit résumé sur les chemins allemands, par M. Reusse, architecte à Cassel.

Ce qui frappe surtout le voyageur qui parcourt pour la première fois cet immense réseau de chemins de fer dont l'Allemagne s'est couverte depuis 1840 (*voir* la Carte générale, Pl. 85), c'est l'économie qui a partout présidé à leur construction, surtout pour les ouvrages d'art, dans lesquels dominent le moellon ordinaire et le bois; c'est la simplicité, l'élégance et la commodité de la plupart des bâtiments des stations; c'est l'ordre et la régularité avec lesquels le service marche. Nous pensons qu'il ne sera pas sans intérêt d'examiner la marche qu'a suivie un pays qui, en cinq années, a construit 2 400 kilomètres de chemins de fer, et qui en a autant en construction.

Avant d'examiner chaque chemin en particulier, nous allons exposer sommairement comment en Allemagne ces voies si importantes de communication sont concédées, administrées et exploitées.

Concessions aux compagnies.—Lignes faites par les états.

En Autriche, les décrets qui règlent les concessions aux compagnies ont été faits à l'occasion du chemin du Nord, qui va de Vienne vers Brunn, et de celui du Sud, qui relie Vienne à Glognitz : ils datent de 1836 et 1838. Les principales conditions sont les suivantes : l'état conserve le droit de laisser établir une autre ligne parallèle à celle concédée; la compagnie est libre d'établir son tarif comme elle veut; seulement, lorsque la recette nette donne plus de 15 pour 100 du capital de construction, l'état a le droit de le réduire. Le transport des lettres et dépêches se fait gratis;

la compagnie fait en outre, à l'administration des postes, un rabais de 4 pour 100 sur les prix du tarif pour les objets qu'elle fait circuler sur le chemin; pour le transport des troupes et des équipements, la compagnie est obligée de fournir tout son matériel disponible au prix ordinaire du tarif. La durée de la concession ne doit pas dépasser 50 ans, après lesquels le chemin et les bâtiments, sauf le matériel d'exploitation, deviennent la propriété de l'état, excepté dans le cas où la compagnie aurait fait de mauvaises affaires, et ne serait pas encore rentrée dans ses avances de fonds : alors une prolongation de durée de la concession peut être accordée.

Une circulaire du gouvernement de la Basse-Autriche, du 12 juin 1842, prescrit les mesures d'ordre suivantes : les locomotives à quatre roues sont interdites; l'emploi de deux locomotives simultanées à six roues n'est toléré que dans certains points où les rampes l'exigent, ou lorsque les vents contrarient la marche; dans tous les cas, une seconde machine de l'arrière qui pousse est interdite; la vitesse des convois à voyageurs est fixée, y compris les temps d'arrêt, à $29^{km}.6$ à l'heure, et à 37 kilomètres en faisant abstraction des temps d'arrêt; pour les marchandises, cette vitesse est de $22^{km}.2$; une disposition particulière doit permettre aux voyageurs d'ouvrir eux-mêmes les portes des voitures en cas d'accident.

L'Autriche doit avoir 1 670 kilomètres de chemins de fer construits par l'état, dont 228 kilomètres sont achevés, 258 sont commencés, 758 sont projetés et étudiés, et 424 sont seulement en vue. Les chemins livrés aux compagnies auront 1 310 kilomètres, dont 648 en exploitation par la vapeur ou par les chevaux, 72 en construction, 253 arrêtés définitivement, et 337 projetés pour l'avenir.

En Prusse, la loi fondamentale sur les chemins de fer est du 3 novembre 1838; nous allons en faire connaître

les dispositions les plus essentielles : le détail du tracé est arrêté par le ministre du commerce, qui peut aussi faire clôturer le chemin partout où il le trouve convenable. Pendant les trois années qui suivent le 1er janvier après l'ouverture du chemin, la compagnie a le monopole du transport et peut établir son tarif comme elle l'entend ; à l'expiration de ce délai, le ministre du commerce peut autoriser d'autres personnes à exploiter simultanément le chemin moyennant une juste redevance ou un péage qui indemnise les concessionnaires du chemin de tous les frais d'entretien, d'administration, de la mise annuelle en réserve, restés à leur charge, et qui paye en outre les intérêts du capital de construction, d'après le taux qui résulte des recettes nettes faites dans les dernières années, mais qui cependant ne peut être ni inférieur à 6 pour 100 ni supérieur à 10 pour 100 ; après un laps de temps toujours supérieur à trois ans et inférieur à dix ans, ce péage est de nouveau revisé. Le tarif pour les voyageurs et les marchandises se compose de ce péage et d'un chiffre qui représente l'intérêt du matériel d'exploitation, et que la compagnie peut faire varier à sa guise, sans cependant lui faire dépasser 10 pour 100 du capital du matériel. Le transport des lettres, des dépêches, des fonds, de tous les effets de poste et même des personnes voyageant aux frais de l'état, se fait gratis. Les chemins de fer ne payent pas patente. Il est prélevé tous les ans une certaine somme pour indemniser l'état des pertes qu'il fait sur les recettes de la poste, dont il a le monopole, et pour l'amortissement du capital de la compagnie ; après l'amortissement de ce capital, les tarifs seront uniquement basés sur les frais d'entretien et d'administration du chemin. L'état s'est réservé la faculté du rachat du chemin et de ses accessoires, trente ans seulement après son achèvement, moyennant une somme égale à 25 fois le dividende moyen des cinq dernières années. La démolition du chemin, en cas de guerre, soit par l'ennemi, soit

même pour la défense du pays, ne donne lieu à aucune indemnité. Pendant trente ans, aucun autre chemin de fer ne peut être construit parallèlement, passant par les mêmes points principaux. La concession est retirée et tout le chemin et ses dépendances sont vendus à l'enchère dans le cas où la compagnie laisse passer plus de trois mois sans obéir aux ordres qui lui sont imposés.

La loi du 30 novembre 1840 punit de un à dix ans de travaux forcés ceux qui ont dérangé les rails ou qui y ont posé quelque obstacle. Dans le cas où un voyageur aurait été blessé, la peine est portée de quatre ans à vingt ans; et en cas de mort, la condamnation peut être à vie, et pas moindre que dix ans; on punit de mort celui qui l'aurait occasionnée avec intention; celui qui n'aurait commis un délit que par négligence est condamné de deux mois à deux ans de prison s'il y a eu un danger pour un convoi, et de deux ans à quatre ans s'il y a eu une blessure ou une mort; un employé du chemin qui aurait occasionné un accident en n'observant pas les règlements, est assimilé à celui qui a commis un délit par négligence, et la compagnie qui ne dénoncerait pas de suite son agent est condamnée à une amende de 37 fr. à 370 francs.

Un arrêté ministériel du 16 décembre 1841 prescrit les mesures de sûreté suivantes : dans un temps brumeux, il est défendu d'attacher au devant des convois une charrue à écarter la neige ou un waggon à briser la glace; on détachera dans ce cas, en avant, une locomotive spéciale qui aura pour mission de briser la glace et de balayer la neige, et qui ne pourra remorquer que des waggons à marchandises peu élevés, dont les roues et essieux seront éprouvés, et dont la charge sera de quatre tonnes au moins; elle marchera très-doucement sur les plates-formes tournantes et dans les changements de voie.

Sous l'empire de la loi du 3 novembre 1838, et sans aucun secours de l'état, la Prusse fit dix lignes de chemins,

comprenant une longueur de 8 270 kilomètres environ, et qui ont coûté moyennement 145 000 fr. le kilomètre pour une voie de fer seulement, y compris le matériel d'exploitation et l'intérêt du capital pendant la construction; il restait encore à la Prusse, pour achever son réseau de chemins, à construire :

1° La ligne du Rhin au Weser, de.	295 kilomètres.
2° La partie prussienne du chemin de la Thuringe, de	111
3° La ligne de l'Oder sur Kœnigsberg et la Russie, de	592
4° Celle de Francfort à Breslau, de.	295
5° Le prolongement du chemin de la Silésie vers l'Autriche, de.	111
6° Le chemin de la Silésie sur Posen, de.	296
En tout.	1700 kilomètres

qui, à 125 000 francs le kilomètre, sont évalués à la somme de 212 500 000 francs, que l'on a reconnu impossible à l'industrie privée de fournir seule, sans une garantie d'intérêt de 3.5 pour 100 que l'état est disposé à accorder, et qui le constituerait en un excédant de dépenses annuelles de 7 436 500 francs dans le cas où il aurait la totalité des intérêts à payer. Les états provinciaux réunis à Berlin, en octobre 1842, ayant été consultés sur l'utilité de cette mesure et sur la convenance d'augmenter le prix du sel pour subvenir à la dépense, se sont fortement prononcés pour l'affirmative. Par suite, on a déjà assuré la garantie de 3.5 pour 100 d'intérêt à la compagnie du chemin d'Oppeln à la frontière autrichienne le 11 août 1843, à celle de Francfort à Breslau le 27 novembre 1843, et à celle de la ligne de Cologne à Minden le 18 décembre 1843, avec les conditions suivantes :

Chaque année l'état complète les intérêts à 3.5 pour 100 de tout le capital social jusqu'à son entier amortissement, sans faire aucune compensation d'une année avec l'autre; la recette nette avec laquelle on calcule les intérêts est celle qui reste, déduction faite de toutes les dépenses, des intérêts des emprunts, des fonds d'amortissement et de ceux

attribués à la caisse de réserve; l'état prend 1/7 des actions, et celles-là ne peuvent être livrées au commerce, et la part du dividende qui leur revient sert exclusivement à l'amortissement des 6/7 autres actions; l'état peut même ajouter à cette valeur annuelle amortissante jusqu'à 1 pour 100 du capital, de manière à avoir la propriété du chemin et de toutes ses dépendances après un certain temps; la nomination du directeur du chemin et de son substitut, de l'ingénieur en chef et du caissier général, se fait par le ministre des finances; si pendant cinq années consécutives l'état est obligé de débourser, pour compléter les 3.5 pour 100 d'intérêt, ou si seulement pendant un an ce déboursé dépasse 1.5 pour 100, il peut prendre lui-même la gestion du chemin, que la compagnie peut reprendre lorsque pendant trois années consécutives l'exploitation par l'état aura produit plus de 3.5 pour 100; lorsque le dividende dépassera 5 pour 100, l'état prendra le tiers de l'excédant, soit pour compenser ce qu'il a pu payer pour compléter les 3 5 pour 100, soit pour acheter les actions d'après leurs cours; le tarif doit être approuvé par le ministre des finances.

En Bavière, c'est la loi du 28 septembre 1836 qui règle ainsi les devoirs des compagnies : l'état s'y est réservé le droit d'utiliser le chemin pour le service des postes; les tarifs sont revisés tous les ans pendant les trois premières années, et ensuite tous les trois ans, et approuvés par l'état.

En Danemark, c'est par une loi du 18 mai 1840 que les compagnies de chemins de fer sont réglées : les matériaux de construction sont exempts de tous droits d'entrée et autres; les tarifs sont approuvés par l'état; chaque jour un waggon spécial est mis gratuitement à la disposition de la poste pour le transport des dépêches et de ses effets, dont le poids est inférieur à 300 kilogrammes; en temps de guerre, le chemin doit servir gratuitement au

transport des troupes, et l'état ne doit aucune indemnité pour les dommages, quels qu'ils soient; la durée de la concession ne peut être inférieure à cinquante ans.

La plupart des états allemands, sauf la Prusse, ayant reconnu l'immense avantage que doivent leur procurer les chemins de fer, semblent aujourd'hui disposés à se charger eux-mêmes de leur construction, à l'instar de la Belgique, de la Hollande, du royaume de Naples, etc. Ainsi l'Autriche, en exécution du décret du 19 décembre 1841, construit 770 kilomètres de chemins de Glognitz à Trieste, de Stockerau à Salzbourg et d'Olmutz à Prague, et la dépense est estimée à 139 000 000 de francs; la Bavière fait les lignes de Nuremberg aux frontières du Nord et de Munich à Salzbourg, de 400 kilomètres, évalués à 42 550 000 francs; le Wurtemberg doit lier Stuttgard aux frontières du Nord, à Ulm et au lac de Constance, sur une longueur de 326 kilomètres et avec une dépense de 77 700 000 francs; le grand-duché de Bade unit Manheim à Bâle par une ligne de 274 kilomètres, évalués à 48 500 000 francs; le Hanovre fait toutes ses lignes sur Brunswick, Minden, Brême, Hambourg, etc., qui auront une longueur de 360 kilomètres, et coûteront 42 550 000 francs; Brunswick travaille sur 110 kilomètres, et dépense 12 210 000 francs; Hesse-Darmstadt doit faire 96 kilomètres et dépenser 18 600 000 francs : on a donc fait et l'on doit faire en Allemagne 2 336 kilomètres de chemins de fer pour 381 110 000 francs, aux frais des différents états (*voir* la Carte, Pl. 85).

L'intervention financière des états s'est encore fait sentir par une garantie d'un minimum d'intérêt, comme nous l'avons déjà expliqué, par une part dans les actions, comme sur le chemin saxo-bavarois et deux chemins prussiens, et enfin par un prêt direct, comme cela est arrivé en dernier lieu en Prusse.

Dans toute l'Allemagne, les chemins de fer en exploitation, en construction, ou étudiés sérieusement, ont ensemble une longueur de 11 870 kilomètres, qui peut se réduire à 10 730 kilomètres, à cause du grand nombre de chemins en étude, mais qui n'offrent aucune utilité et n'ont ainsi aucune chance de succès. Sur ceux-ci, 7 400 kilomètres seront en exploitation en 1850. A la fin de 1844, il y avait déjà 2 412 kilomètres en exploitation, dont 2 220 kilomètres avec 360 locomotives environ, et 192 kilomètres avec chevaux : sur les premiers, 769 kilomètres ont été construits par les différents gouvernements, et 1 643 kilomètres appartiennent à vingt compagnies, dont le capital social est de 183 600 000 francs, et qui ont en outre contracté une dette de 57 800 000 francs, ce qui fait revenir le kilomètre à 153 000 francs moyennement. Sur les 4 129 kilomètres en construction, 2 150 kilomètres sont entrepris par les états, et 1 979 kilomètres par l'industrie privée, dont le capital social est constitué à 275 millions. La construction de 1 880 kilomètres est assurée ; 496 kilomètres doivent être faits par les états, et 1 384 kilomètres par des compagnies avec un capital social de 218 millions. La longueur des lignes, étudiée sérieusement, est de 3 448 kilomètres, dont 858 à exécuter par les états, et 2 590 par les compagnies, avec un capital social de 437 millions.

Les états ont donc construit ou doivent construire 4 081 kilomètres, et les compagnies 7 596 kilomètres, avec un fonds social de 1 171 400 000 fr. Le système total des chemins de fer allemands doit coûter 1 865 000 000 de francs, ou 159 000 francs par kilomètre. En comptant 162 locomotives par 1 000 kilomètres et 40 400 francs par locomotive, on emploiera 1 897 locomotives, qui coûteront 84 millions ; en admettant qu'on emploie pour une voie simple, avec les gares d'évitement, 64t.2 de fer à 388 francs la tonne, on emploiera 29 982 tonnes de fer qui coûteront 305 millions.

En 1844, les 2 412 kilomètres de chemin de fer en exploitation ont transporté 10 306 165 voyageurs et 28 680 tonnes de marchandises, qui ont donné lieu à une recette de 29 091 260 francs.

Administration intérieure des chemins. — Exploitation.

On verra peut-être avec intérêt les salaires donnés aux différents employés :

1° *Administration centrale.*

Premier administrateur	de 2 600 à 8 900 fr.
Ingénieur en chef	de 3 000 à 7 500
Caissier en chef	de 2 200 à 4 000
Expéditionnaires, aides-caissiers, etc.	de 1 100 à 2 500
Écrivains	de 920 à 1 300
Administrateur de magasin	de 1 500 à 3 000
Messager	de 670 à 900

2° *Entretien du chemin.*

Ingénieur de section	de 2 600 à 3 700 fr
Chef de chemin	de 750 à 1 300
Garde de chemin	de 450 à 530

3° *Stations, gares.*

Inspecteur de station	de 1 500 à 2 200 fr.
Surveillant de station	de 920 à 1 500
Le premier sous administrateur	de 450 à 670
Homme de peine et de garde	de 450 à 530
Receveur	de 920 à 1 850
Aide-receveur	de 670 à 1 100

4° *Transport.*

Chef de convoi, de 0fr.00555 à 0fr.01665 par kilomètre	plus de 900 à 1 300 fr.
Conducteur, de 0fr.00416 à 0fr.00832 par kilomètre	plus de 440 à 920
Aide-conducteur, *idem*	plus de 370 à 670

5° *Marchandises, bagages.*

Expéditeur des bagages et marchandises	de 920 à 1 500 fr.
Aide-expéditeur	de 520 à 1 100
Chef de balance	de 520 à 670
Ouvrier	de 450 à 520

6° *Machines, etc.*

Chef d'atelier, logé	de	1 800	à	4 500 fr.
Chef de travaux	de	1 500	à	2 200
Chef ouvrier	de	900	à	1 500
Chef carrossier	de	1 500	à	1 850
Carrossier	de	920	à	1 500
Chef d'un fourneau à coke	de	1 500	à	2 600
Conducteur de locomotive à 0fr.00832 par kilomètre	plus de	1 100	à	1 850
Apprenti-conducteur de locomotive, à 0fr.00416 par kilomètre	plus de	550	à	920
Chauffeur, à 0fr.00416 par kilomètre	plus de	670	à	900

Le personnel coûte en moyenne de 5 000 à 6 000 francs par kilomètre, sur les chemins de peu d'étendue et très-fréquentés, et de 1 500 à 2 500 francs par kilomètre, sur les chemins d'une grande étendue. En général les employés sont logés et habillés; un habillement coûte de 80 à 120 francs, et doit durer un an; il existe des caisses d'épargne qui sont alimentées par une retenue de 2.5 pour 100.

Un ingénieur de section a de 30 à 60 kilomètres de chemin à surveiller, un chef de chemin a de 7 à 15 kilomètres, et un garde de 500 mètres à 1 500 mètres.

Pour s'assurer que le garde a parcouru toute sa ligne après chaque passage de convoi, on l'oblige, sur le chemin de Magdebourg à Leipzig, à placer aux poteaux-limites un numéro qui est indiqué par le conducteur de convoi qui a passé, et qui est ensuite reconnu par le chef du convoi suivant.

Pour un convoi de 1 à 3 voitures de voyageurs, il y a ordinairement 1 conducteur.

Pour un convoi de 4 à 6 voitures, 2 conducteurs.
Id. de 7 à 12 *Id.* 3 *Id.*
Id. de 13 à 16 *Id.* 4 *Id.*

et au delà, 1 conducteur de plus par système de 4 voitures; pour les convois de marchandises il y a un conduc-

teur par 5 voitures, et il y a autant de freins que de conducteurs.

On livre sur plusieurs chemins des voitures entières, pour le transport des marchandises, au prix de 1fr.85 à 2fr.75 par kilomètre, avec la condition que la charge ne dépasse pas 2t.5.

La largeur de la voie n'est pas la même dans les différents chemins allemands, ainsi :

En Autriche elle est de.	1m.3704
En Prusse, Saxe, Hanovre et Brunswick, de.	1 .4357
Dans le grand-duché de Baden, de.	1 .6000
Sur le chemin du Taunus, de.	1 .5000

De plus, dans les courbes, on a augmenté la largeur lorsque le rayon diminue. Ainsi, sur le chemin de Magdebourg à Leipzig :

Pour des rayons de 750 mètres il y a une largeur de.		1m.4365
Id.	de 300	1 .4390
Id.	de 150	1 .4495
Id.	de 95	1 .4520
Id.	de 55	1 .4650

Il y avait à la fin de 1842, en Allemagne, déjà 14 fabriques de locomotives; la première locomotive sortit des ateliers d'Uebigau, en Saxe, en 1839; Chemnitz en livra une en 1840. Berlin compte trois fabriques appartenant à MM. Kusahal, Borsig et Egells; Aix-la-Chapelle en possède deux autres. Chaque compagnie presque a un atelier où l'on peut construire une locomotive.

C'est l'Angleterre qui a fourni le plus grand nombre de machines aux chemins allemands; sur 248 locomotives qui circulaient à la fin de 1842 en Allemagne, il y en avait 166 anglaises, 29 américaines, et 12 belges. Robert Stephenson en a fourni 80, et Sharp Roberts 47; ce dernier livre aujourd'hui pour 30 000 francs des machines d'un poids

de 11 tonnes, dont 6 pèsent sur les roues motrices, et qui, avec une pression de vapeur de $3^{kg}.092$ par centimètre quarré, montent un train de 100 tonnes sur une pente de 5 millimètres, par un temps favorable. Les machines anciennes de R. Stephenson brûlent en moyenne $1^{kg}.1$ de coke par kilomètre parcouru; celles nouvelles à brevet, du même, ne brûlent que $7^{kg}.55$. Les machines américaines sortent toutes des ateliers de M. Norris, à Philadelphie; elles sont en général à 8 roues, d'une construction simple, installées pour le chauffage au bois, et ont leurs cylindres à l'extérieur; il y en a qui pèsent jusqu'à 14 tonnes, et peuvent remorquer 500 tonnes brutes sur un chemin de niveau.

Sur tous les chemins allemands on a aujourd'hui appliqué aux locomotives le système de détente fixe, et sur plusieurs le système de détente variable.

A la fin de 1843, le nombre des locomotives était de 291, sur lesquelles 16 établissements allemands en ont fourni 65, les Anglais 178, les Belges 30, et les Américains 30.

Les machines nouvelles à brevet de R. Stephenson, avec un cylindre de $0^{m}.3556$ coûtent en fabrique 38 750 francs; le tender à 6 roues en fer forgé, de la capacité de $3^{m}.64$ à $3^{m}.87$, 8 750 francs; celles de Sharp Roberts, même cylindre, coûtent . . . . . 35 000 fr.

Le tender à $3^{m.c.}.64$	8 750
Celles de Bury.	36 625
Le tender à $3^{m.c.}.18$.	5 750
L'emballage et le transport jusqu'à Hambourg coûtent	1 650
Les droits d'entrée coûtent de 6000 à	6 300
Une machine de fort modèle de Norris coûte avec son tender, rendu à Berlin.	48 000
Borsig livre les mêmes à.	46 200

Chaque chemin presque a son atelier de construc-

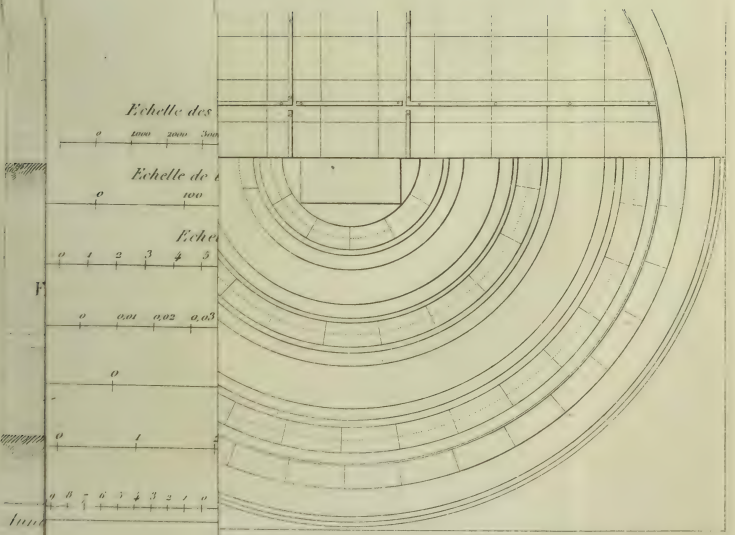
tion, où se font et se réparent les voitures; on lira peut-être avec intérêt le prix des voitures, tel qu'on les payait dans les ateliers des chemins de Leipzig à Dresde, en 1844 :

1re classe, à 4 roues; 3 compartiments à 18 places.	de	6 220 à	7 700 fr.
1re classe, à 8 roues; 3 à 7 compartim ; 36 à 70 places. .	de	12 400 à	15 000
2e classe, à 4 roues; 3 compartiments; 24 à 30 places. .	de	5 110 à	5 850
2e classe, à 8 roues; 6 à 7 compartim.; 48 à 70 places. .	de	11 800 à	12 400
3e classe, à 4 roues; 1 à 3 compartim.; 24 à 36 places. .	de	3 630 à	4 740
3e classe, à 8 roues; 1 à 8 compartim.; 80 à 120 places. .	de	7 250 à	9 700
Voitures mixtes. à 4 roues; 3 compart. . 6 à 8 places de 1re cl. / 16 à 20 places de 2e cl.	de	5 480 à	6 600
Voitures mixtes. à 8 roues; 5 à 7 comp. 8 places de 1re classe. / 20 places de 2e classe. / 60 places de 3e classe.	de	11 100 à	13 300
Waggon de marchandises, à 4 roues, pour 4 000 à 4 500 kilog.	de	1 500 à	1 960
Waggon couvert à 8 roues, pour 12 500 kilogrammes.	de	7 150 à	8 510
Sur le chemin de Stettin on a payé pour voiture-ecurie à 4 roues. . .			2 740 fr
Pour voiture à bestiaux, à 4 roues			2 815
Pour voiture à balayer la neige, à 4 roues.			2 270
Sur le chemin de Berlin à Francfort, une voiture de 1re classe dans le système américain, comme sur le chemin de Glognitz, a coûté			19 250

La plupart des chemins allemands ont adopté la forme de rail imaginée par l'ingénieur civil Vignoles, qui leur a donné son nom; ce rail, qui a la forme d'un ⊥ renversé, est représenté dans la Pl. 86, *fig.* 6. Sur la traversine, où deux de ces rails viennent s'assembler, on pose une plaque de fer de $0^m.13$ à $0^m.156$ de côté et 0.0065 d'épaisseur, et on laisse un intervalle vide de 3 millimètres pour permettre les dilatations; il paraît que l'on s'en est bien trouvé, car aujourd'hui presque partout on la substitue aux autres systèmes dans la pose de la 2e voie; ils ont l'avantage de n'avoir pas de coussinets, et sont fixés à des traversines, légèrement entaillées, avec des chevilles à crochets. Les rails creux en forme Ω dits bridge-rails ou ôméga-rails, qui reposent sur des longrines, ont aussi été employés sur plusieurs chemins, mais on a reconnu partout la supériorité des rails Vignoles.

Le système des coussinets en fonte, avec des coins en fer ou en bois extérieurs ou intérieurs, n'a guère été mis

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY of ILLINOIS



Gravé par Adam et Lemaire

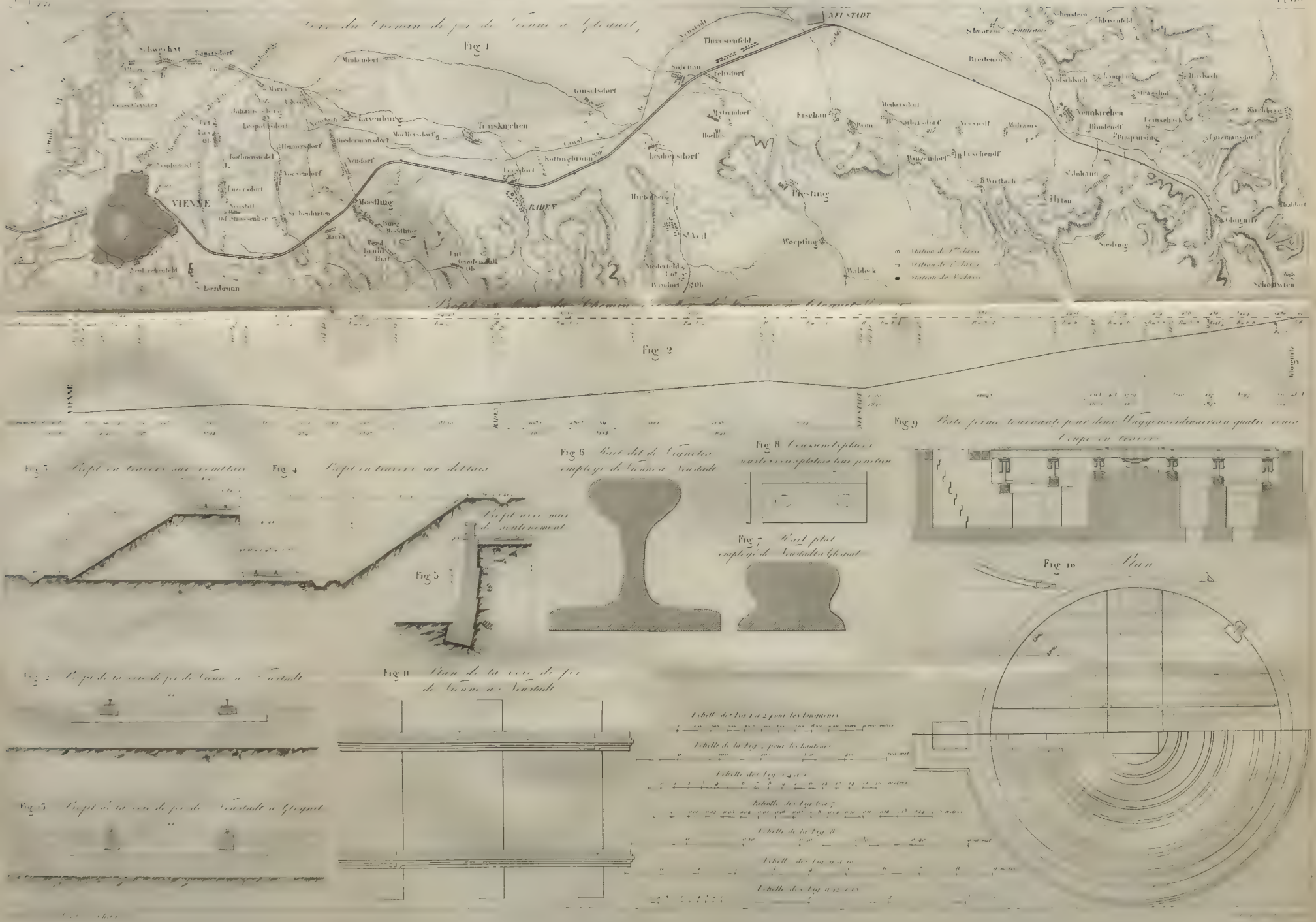


Fig 1
Fig 2
Fig 3
Fig 4
Fig 5
Fig 6
Fig 7
Fig 8
Fig 9
Fig 10
Fig 11
VIENNE
Laxenburg
Traiskirchen
Moedling
Leobersdorf
Pfesting
Woepting
Waldeck
Neunkirchen
Sieding
Glognitz
Schottwien
Neustadt
Gloggnitz
Vienne
Rideau
Neustadt

en usage que sur les chemins du Rhin et de l'Empereur Ferdinand.

Les frais d'étude, de nivellements et d'organisation des sociétés, ne se sont guère élevés en moyenne qu'à 750 et 1 000 francs par kilomètre.

Les indemnités de terrain sont en général peu élevées; ainsi, sur le chemin de l'Empereur Ferdinand, on a payé 1 hectare en moyenne 1350 francs; les meilleurs terrains 3 140 francs et aux portes de Vienne 26 200 francs; sur le chemin de Vienne à Glognitz le prix moyen a été 2 020 francs; de Berlin à Cœthen on a payé en moyenne 2 550 francs, et aux portes de Berlin 86 500 francs; de Berlin à Stettin la moyenne a été 2 020; devant Berlin on a payé 3 370 et devant Stettin 5 350 francs; de Berlin à Francfort on a payé 2 480 francs; de Magdebourg à Leipzig 2 400 francs et au plus 4720 francs; en Silésie le prix moyen est de 1925 francs et devant Breslau de 7 450 francs; de Dusseldorf à Elberfeld on a payé 2 870 francs et au plus 15 600 francs; sur le chemin Rhénan le prix a été de 3 050 francs; sur celui de Nuremberg 2 370 francs; sur celui de Munich 3 090 francs et devant Augsbourg 6 470 francs; sur les chemins badois la moyenne est de 4 000 francs, et le plus haut prix 8000 francs; en Brunswick on a payé 3 120 francs et au plus 5 800 francs; de Hambourg à Bergedorf on a payé 4 900 francs.

Les surfaces occupées par les principales gares sont :

	hectares.
Pour le chemin de Cœthen dans la station de Berlin. .	7.30
Pour celui de Francfort, *idem*	3.65
Pour celui de Stettin, *idem*	4.68
Pour la gare de Buckau, près de Magdebourg.	5.20
Pour celle de Halle.	6.50
Pour celle de Leipzig, sur le chemin d'Altenbourg. . .	8 05
Pour celle d'Oschersleben.	2.55
Pour celle de Halberstadt.	2.86
Pour celle de Vienne sur le chemin du Nord.	2.86
Idem *idem* du Sud.	11.70
Pour celle de Hambourg.	6.50
Pour celle de Carlsruhe.	7.54

La largeur des terrassements pour deux voies est en général de $7^{m}.55$, quelquefois elle va à $8^{m}.50$ et $8^{m}.80$; pour une seule voie on ne donne que $4^{m}.40$; les talus de $1^{m}.50$ de base pour 1 mètre de hauteur sont souvent recouverts de gazon qui coûte $6^{c}.35$ et $8^{c}.45$ le mètre quarré.

Voici quelques données sur les prix des terrassements tels qu'ils ont été payés en Allemagne :

1° Sur le chemin du Nord de l'Empereur Ferdinand on a payé $0^{fr}.25$ le mètre cube à un jet de pelle de terrain léger pour les fossés; $0^{fr}.38$ le mètre cube transporté de 94 mètres à 157 mètres dans un terrain pierreux et rempli de racines; $0^{fr}.69$ le mètre cube transporté de 410 mètres à 470 mètres sur des rampes assez fortes; $1^{fr}.00$ le mètre cube transporté à 1 250 mètres avec des voitures.

2° Sur le chemin de Vienne à Glognitz on a payé $0^{fr}.485$, en moyenne pendant les années 1839 et 1840.

3° Sur le chemin de Berlin à Cœthen le prix moyen a été de $0^{fr}.775$, de même que sur celui de Hambourg à Bergedorf.

4° Sur celui de Stettin on a payé de $0^{fr}.194$ à $1^{fr}.10$ et $0^{fr}.60$ en moyenne.

5° Sur celui de Francfort à Berlin la moyenne est de $2^{fr}.90$.

6° Sur celui de Magdebourg à Leipzig, les prix ont varié de $0^{fr}.207$ à $2^{fr}.27$; ce dernier prix correspond à une distance de 1 950 mètres.

7° Sur celui de la Silésie supérieure les prix ont varié de $0^{fr}.166$ à $0^{fr}.553$.

8° La moyenne, sur le chemin Rhénan, a été de $0^{fr}.692$.

9° Sur celui de Leipzig à Dresde, la main-d'œuvre seule a coûté de $0^{fr}.194$ à $0^{fr}.665$.

10° Sur celui du Taunus, les prix ont varié de $0^{fr}.194$ à $0^{fr}.554$.

11° Sur celui de Brunswick on a payé de $0^{fr}.207$ à $0^{fr}.61$

pour le transport avec brouettes ; de $0^{fr}.442$ à $0^{fr}.885$ pour le transport par charrettes à bras ; de $0^{fr}.47$ à $1^{fr}.33$ pour le transport par voitures à chevaux ; de $0^{fr}.485$ à $0^{fr}.75$ pour le transport par chemin de fer provisoire non compris l'établissement de la voie de fer provisoire de 1 500 mètres de longueur au plus.

Les dépenses pour clôturer les chemins, pour borner le terrain et établir les signaux, ont varié de 500 francs à 1 500 francs par kilomètre.

Les frais d'administration et de conduite des travaux pendant l'exécution, ont coûté de 1 500 francs à 5 000 francs, et même sur le chemin de Glognitz ils ont été de 7 500 francs par kilomètre.

Je crois utile de donner ici le tableau des principales valeurs qui m'ont servi à convertir les monnaies, mesures et poids allemands en monnaies, mesures et poids français.

Autriche.

1 florin = 60 kreutzer à 4 pfennig.	=	fr. 2.500
1 pied = 12 pouces = 144 lignes.	=	mèt. 0.316
1 toise = 6 pieds.	=	mèt. 1.897
1 mille = 1/2 poste.	=	kilom. 7.586
1 soch (mesure de superficie).	=	ares. 57.7
1 toise cubique de 36 pouces.	=	stères. 3.411
1 toise cubique de 30 pouces.	=	stères 2.830
1 quintal = 100 livres = 1600 onces.	=	kilog. 56.00
1 metzen.	=	lit. 61.5

Prusse.

1 thaler = 30 silbergroschen à 12 pfennig. .	=	fr. 3.70
1 pied = 12 pouces = 144 lignes.	=	mèt. 0.314
1 verge (ruthe) = 12 pieds.	=	mèt. 3.768
1 mille.	=	kilom. 7.4

1 margen (mesure de superficie). . . . . =	ares. 25.33
1 toise cubique = 108 pieds cubes. . . . . =	stères. 3.36
1 schachtruthe pour les terrassem. de 144 pi. c. =	mèt. c. 4.45
1 scheffel = 1/4 de tonne pour le coke. . . . =	lit. 55.00
1 quart. . . . . =	lit. 1.145
1 livre = 32 loth. . . . . =	gramm. 467.00
1 quintal = 110 livres. . . . . =	kilog. 50.00

Saxe.

1 thaler ancien = 24 groschen à 12 pfennig. =	fr 3.90
1 thaler nouveau = 30 neugroschen à 10 pfen. =	fr. 3.70
1 aune = 2 pieds. . . . . =	mèt. 0.565
1 mille. . . . . =	kilom. 7.4
1 scheffel pour le coke et la houille. . . . . =	lit. 103.8

Poids comme pour la Prusse.

Baden.

1 florin = 60 kreutzer. . . . . =	fr. 2.12
1 ruthe = 10 pieds = 100 pouces = 1 000 lignes et 10 000 points. . . . . =	mèt. 3.00
1 lieue. . . . . =	kilom. 4.444
1 morgen = 400 ruthen quarrés. . . . . =	ares. 36.00
1 malter = 10 sester = 1/10 zuber. . . . . =	lit. 150.00
1 quintal = 100 livres. . . . . =	kilog. 50.00

Wurtemberg.

1 florin = 60 kreutzer. . . . . =	fr. 2.12
1 ruthe = 10 pieds = 100 pouces = 1 000 lig. =	mèt. 2.87
1 mille. . . . . =	kilom. 7 4
1 morgen = 384 ruthen quarrés. . . . . =	ares. 31 6
1 tagewerh = 2.5 morgen.	ares. 79.00
1 scheffel = 8 simzi.	lit. 198.3
1 quintal = 104 livres.	kilog. 48.6

Bavière.

1 florin = 60 kreutzer à 4 pfennig.	=	fr. 2.12
1 ruthe = 10 pieds = 120 pouces = 1 440 lignes	=	mèt. 2.915
1 pied rhénan-bavarois.	=	mèt. 0.333
1 aune rhénane-bavaroise.	=	mèt. 1.200
1 lieue.	=	kilom. 3.7
1 tagewerh (mesure de superficie).	=	ares. 34.00
1 scheffel = 6 metzen.	=	lit. 222.05
1 quintal = 100 livres.	=	kilog. 56.00

Dans la Bavière-Rhénane on compte par kilogrammes et par hectolitres.

Holstein et Hambourg.

1 species.	=	fr. 5.65
1 marck courant = 16 schelling.	=	1.53
1 marck-banco de Hambourg.	=	1.90

I. — Chemins de fer autrichiens.

1° Chemin de fer de Vienne à Glognitz, sur l'Italie et sur la Hongrie.
2° Chemin de fer du Nord, dit de l'Empereur Ferdinand; page 286.
3° Chemin de fer de Vienne à Prague et à Dresde; page 297.
4° Chemin de fer de Budweiss, par Linz, à Gmunden; page 303.
5° Chemin de fer de Pilsen à Budweiss; page 303.
6° Chemin de fer de Prague à Lahna; page 304.

1° *Chemin de fer de Vienne à Glognitz, sur l'Italie et sur la Hongrie.*

Le chemin de Glognitz (*), Pl. 86, n'est que la tête de la ligne qui doit relier un jour Vienne avec Trieste, Venise et toute la Lombardie; cette ligne est d'une si grande importance pour l'Autriche, que le gouvernement impérial s'est décidé à l'achever à ses frais; la longueur totale de Vienne à Trieste (**) sera de 607 kilomètres, et ne coûtera pas moins de 110 millions. La plus grande difficulté consiste dans le passage de la chaîne du Semmring que l'on trouve immédiatement au delà de Glognitz, qui sépare la vallée de la Leitha de celle de la Mur, et qui a son col à 990 mètres au-dessus du niveau de la mer et à près de 450 mètres au-dessus de la station de Glognitz. L'ancienne route qui traversait cette montagne, serpentait à travers des défilés étroits et avait des pentes de $0^m.15$ à $0^m.20$ par mètre; la nouvelle route que l'on vient d'achever se replie par des contours six fois sur elle-même, et présente encore des pentes de $0^m.0416$ par mètre. On a fait de nombreuses études pour franchir cet obstacle avec le chemin de fer; M. Ghegha, ingénieur en chef autrichien,

(*) *Voir* dans le précédent volume, page 284 à 305, les détails donnés par M. Ducros sur l'établissement et l'exploitation de ce chemin.

(**) *Voir*, pour le chemin de Vienne à Trieste, l'article précité page 328 à 331.

qui vient de publier un excellent ouvrage sur les travaux de l'Amérique qu'il a visités, a fait plusieurs tracés : celui qui vient d'être adopté présente les pentes et les rampes suivantes :

LONGUEURS.	RAMPES.	PENTES.	OBSERVATIONS.
mèt.	millim.		
1 100	8.28	. . . . .	Station de Glognitz.
2 445	6.66	. . . . .	Tunnel n° 1.
2 660	5.50		
474	0.00		
750	9.60		
1 340	14.15		
3 530	19.75		
285	0.00	. . . . .	Tunnel n° 2.
2 510	19.80		
285	0.00		
2 970	19.10		
285	0.00	. . . . .	Tunnels n°s 3, 4, 5.
5 680	18.85		
285	0.00		
5 000	19.75	. . . . .	Tunnels n°s 7, 8, 9.
1 375	14.08	. . . . .	Tunnels n° 10, du Semmring.
285	0.00	millim.	
1 880	»	20.01	
285	»	0.00	
5 830	»	19.98	
285	»	0.00	
3 455	»	19.38	Murzzuschlag.
42 994			

Le point le plus élevé du tracé est à 890 mètres au-dessus du niveau de la mer ; les dix tunnels ont ensemble une longueur de 3 260 mètres, celui du sommet qui porte le n° 10 a 1 300 mètres de longueur, et on a estimé la dépense par mètre à 707 fr., 940 fr. et 1 150 fr., suivant la nature du terrain et des ouvrages à faire.

Les dépenses ont été estimées ainsi :

Ponts et viaducs, etc.	4 898 877 fr.
Terrassements, tunnels, etc.	6 476 123
Voie simple en fer.	1 910 000
Bâtiments.	135 000
Total.	13 420 000

ou 312 000 fr. par kilomètre. Les rayons des courbes descendent à $198^{m}.7$. On espère avec ce profil traîner des convois de 200 voyageurs avec une vitesse de $22^{km}.8$ à l'heure au moyen de deux locomotives américaines du plus fort calibre.

M. Ghegha étudia aussi un tracé dans le système atmosphérique, où les pentes allaient à $38^{mm}.4$, qui n'avait qu'une longueur de $25^{km}.4$ et qui ne devait coûter que 7 250 000 fr.

Au delà, de Murzzuschlag à Laybach, sur une longueur de 333 kilomètres, les travaux sont poussés avec une grande activité et les terrassements sont même tout à fait achevés jusqu'à Cilly. Le tracé dans cette partie suit les vallées de la Mur et de la Sau, en franchissant les deux contre-forts qui séparent ces deux rivières, et en touchant aux villes de Gratz, Marbourg et Cilly.

Dès septembre 1842, on a commencé avec activité à travailler entre Murzzuschlag et Gratz, et le 21 octobre 1844 on a pu livrer à l'exploitation cette partie qui a une longueur de 95 kilomètres, sur laquelle il y a quatorze stations et qui a offert de grandes difficultés de construction. La station de Murzzuschlag est à 317 mètres au-dessus de celle de Gratz. Jusqu'à Bruck le chemin suit la vallée de la Murz vers l'est, et de là à Gratz celle de la Mur vers le sud, tantôt à droite, tantôt à gauche de cette rivière : l'angle que font entre elles ces deux parties est de 105 degrés ; dans la première, on trouve trois courbes dont les rayons n'ont que 284, 332 et 342 mètres ; dans la seconde partie, le rétrécissement de la vallée a exigé dix courbes semblables. La pente varie de $7^{mm}.4$ à $1^{mm}.25$ dans la première partie et de $6^{mm}.67$ à $1^{mm}.67$ dans la deuxième : 12 grandes routes et 96 chemins passent au-dessus de la voie de fer, et 195 passages de $0^{m}.95$ à $2^{m}.85$ de largeur sont établis au-dessous. Il y a 7 grands ponts en bois construits sur la Murz, qui ont chacun un débouché de 113 mètres.

Le volume total des terrassements est de 2 140 000 mètres cubes, sur lesquels il y a eu 294 000 mètres cubes de rochers. On a fait 78 300 mètres cubes de maçonnerie, dont 3 000 mètres cubes de pierres de taille. Pour les rails on a employé 5 600 tonnes de fer indigène. Ces résultats ont été obtenus en 369 journées de travail, pendant chacune desquelles 6 219 ouvriers ont été occupés en moyenne, sans compter ceux employés aux voitures. Les locomotives en usage sur cette partie sortent des ateliers de Norris à Philadelphie en Amérique, elles sont construites sur un principe nouveau pour lequel on a pris un brevet, et qui consiste dans l'emploi de quatre roues motrices, lesquelles exercent chacune une pression tout à fait égale et uniforme sur les rails au moyen d'un châssis indépendant, oscillant à quatre angles articulés. Chaque roue supporte ainsi exactement 2 142^{kg}.5, ou le quart de 8 570 kilogrammes, qui est le poids total de la locomotive. Les rails ne supportent donc au passage des roues motrices que la moitié de la pression que leur font subir les autres locomotives.

L'état a traité pour l'exploitation pendant cinq ans, de cette partie, comme pour le chemin de Prague à Olmutz, avec la compagnie du chemin de fer de Glognitz, aux conditions suivantes :

Le chemin, avec son matériel d'exploitation au complet, est livré à la compagnie par l'état, qui demeure seulement chargé des recettes, et paye les prix suivants :

Pour la conduite de la régie des travaux et de l'exploitation, par an et par kilomètre de longueur.	1 810^{fr}.00
Pour l'entretien ordinaire du chemin d'une voie simple, des bâtiments, etc., par kilomètre et par an.	1 250^{fr}.00
Pour chaque kilomètre parcouru avec convoi de voyageurs. . .	2^{fr}.00
Id. *id.* mixte.	2^{fr}.30
Id. *id.* de marchandises.	2^{fr}.52

Prix qui comprennent non-seulement le combustible et le personnel, mais l'entretien du matériel roulant :

Pour indemnité des préparatifs et des frais d'installation, par kilomètre de longueur de Murzzuschlag à Gratz. . . . . 329 fr.
Et pour la partie au delà de Gratz. 197
En avance ou prêt sans intérêt d'un capital d'exploitation, par kilomètre de longueur. 3 290

En outre, la compagnie a encore droit à prélever 5 pour 100 sur les recettes brutes.

L'état a livré à la compagnie 22 locomotives, 17 tenders, 11 garnitures de rechange pour locomotives et 8 pour tenders, 4 voitures de voyageurs à 8 roues de 1re et 2e classe, 4 de 2e et 6 de 3e, 74 voitures de marchandises, 12 pour équipages, 2 pour chevaux, 6 charrues à neige et 33 paires de roues de rechange.

Le tarif pour le transport des voyageurs par kilomètre, suivant les quatre classes est de : 9c.82, 6c.02, 4c.37 et 3c.30. Les trois premières classes sont relatives aux convois des voyageurs, et les trois dernières aux convois mixtes; pour 100 kilogrammes de marchandises accélérées ou d'excédant de bagage on paye 4c.07.

Par tonne de marchandises ordinaires de 1re et 2e classe, on paye 7c.36 et 12c.26.

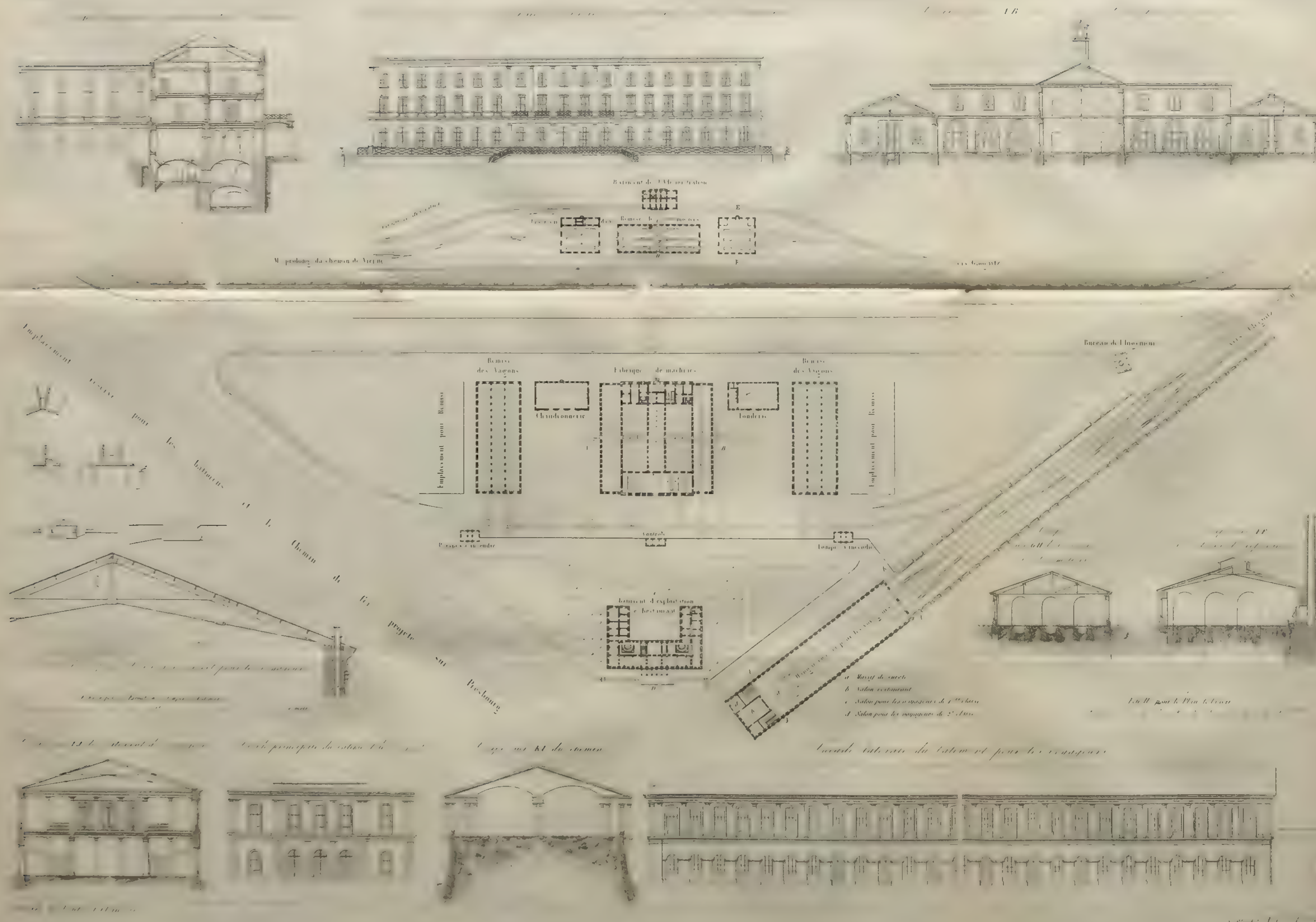
En novembre et décembre 1844, on a transporté 33 833 voyageurs et 3 360 tonnes de marchandises.

Entre Gratz et Cilly il y a des pentes de 7mm.7, un viaduc courbe sur la Possnitz de 46 arches, plusieurs tunnels, des courbes avec des rayons de 198 mètres, 247 mètres et 284 mètres; cette partie a offert de grandes difficultés à vaincre, et on y voit des ouvrages gigantesques. De Cilly à Laybach, les pentes et rampes sont assez faibles, mais 25 courbes de 285 mètres de rayon se succèdent et se touchent presque partout, et malgré cela on n'a pu éviter 5 tunnels de 740 mètres de longueur en tout.

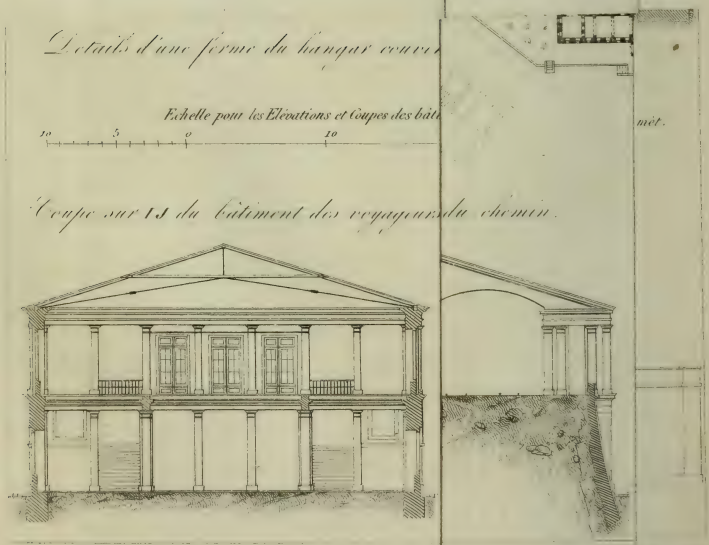
Les travaux d'art et de terrassement de la partie de Poltsach à Laybach, de 123 kilomètres de longueur, sont estimés à 11 686 165 fr., ou à 95 000 fr. par kilomètre.

Au delà de Laybach rien n'est encore fait et pour ar-

CHEMIN DE FER DE VIENNE A GLOGGNITZ. — GARE DE VIENNE.



LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY of ILLINOIS


Détails d'une ferme du hangar couve
Echelle pour les Elévations et Coupes des bât
mèt.

Coupe sur 11 du bâtiment des voyageurs du chemin.

Annales des Ponts et Chaussées.
Lemaire

river à Trieste, il y a encore 137 kilomètres à parcourir et les Alpes Juliennes à franchir; d'après M. Ghegha, les Alpes Juliennes présentent moins de difficultés que le Semmring, et on les franchirait avec un souterrain de 2 000 mètres de long et également des pentes de 17 millimètres, aux abords. Le chemin doit s'arrêter à Bassovizza à une lieue et demie de Trieste, à $323^{m}.90$ au-dessus de la mer.

Entre Vienne et Glognitz, Pl. 86, *fig.* 2, la longueur de la voie est de 75 320 mètres, la différence de niveau des points extrêmes est de $232^{m}.14$, et quoique l'on ait fait beaucoup de sacrifices pour avoir un tracé classique, on n'a pu éviter deux contre-pentes, l'une de $11^{m}.56$, et l'autre de $16^{m}.70$; jusqu'à Neustadt les pentes sont assez douces et ne dépassent pas $3^{mm}.5$, mais au delà les rampes sont plus considérables, et l'on trouve jusqu'à Glognitz, trois rampes de $7^{mm}.68$ sur plus de 11 kilomètres de longueur. Le quart de la longueur totale est en courbe, mais les rayons sont fort considérables et le plus petit est de 1 610 mètres.

Le chemin est à deux voies jusqu'à Neustadt, de là à Glognitz il n'y en a qu'une.

Ce chemin est celui de toute l'Allemagne où les travaux d'art sont faits avec le plus de soin. Les bâtiments pour les stations y sont même exécutés avec un certain luxe, et présentent un grand confortable aux voyageurs : on remarque surtout la station principale de Vienne, qui est tout à fait digne de la capitale de l'Autriche, Pl. 87. L'atelier pour la construction des machines est le plus important de ceux qui existent en Allemagne, on a fait venir des ouvriers anglais pour le mettre en train.

Les ouvrages d'art sont du reste peu importants, ils sont presque tous construits en pierres et en briques; il y a cependant un pont en charpente d'après le système américain de Town, de 38 mètres de longueur. A 3 800 mètres avant Bâden il y a un petit tunnel de

165 mètres de longueur, que l'on aurait bien pu éviter; il a une largeur de $8^{m}.85$ et une hauteur de $7^{m}.59$; cet ouvrage a coûté 245 $887^{fr}.50$, c'est-à-dire 1 490 fr. le mètre courant. Le viaduc de Baden, Pl. 88, au milieu duquel s'élève la station de cette ville est l'ouvrage d'art le plus important de toute la ligne, il a 436 mètres de long et 47 arcades en y comptant celles qui servent au débouché de la rivière d'Aubach : la hauteur est de $6^{m}.32$ et la largeur de $9^{m}.80$ avec les deux parapets.

Nous joignons ici les profils en travers adoptés pour la voie et les terrassements, Pl. 86, *fig.* 3, 4, 5, 12 et 13.

On a employé sur cette ligne des rails ayant la forme d'un ⊥ renversé ainsi que l'indique la *fig.* 6; la longueur de ces rails est de $5^{m}.05$, la largeur de la base est de $0^{m}.101$, celle des champignons de $0^{m}.0526$, et la hauteur, $0^{m}.0878$, le mètre courant pèse 26 kilogrammes; ces rails reposent dans toute leur longueur sur des longrines en chêne de 4 à 5 mètres de long, sur $0^{m}.237$ de large et $0^{m}.105$ de haut, qui s'appuient de $0^{m}.95$ en $0^{m}.95$ sur des traversines de $2^{m}.50$ de long, $0^{m}.316$ de large et $0^{m}.105$ d'épaisseur; les assemblages sont faits par des entailles de $0^{m}.026$ de profondeur vers les bords intérieurs et de $0^{m}.013$ vers les bords extérieurs, et consolidés par des vis en fer.

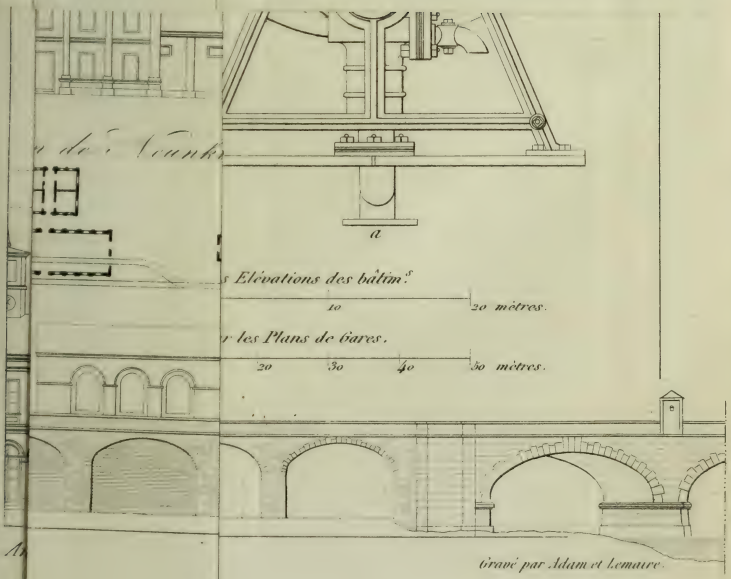
On a tiré d'Angleterre 1 680 tonnes de rails, qui ont payé $178^{fr}.50$ de droit d'entrée par tonne, et 1 960 tonnes ont été fournies par les usines du pays à 580 fr. et 527 fr.

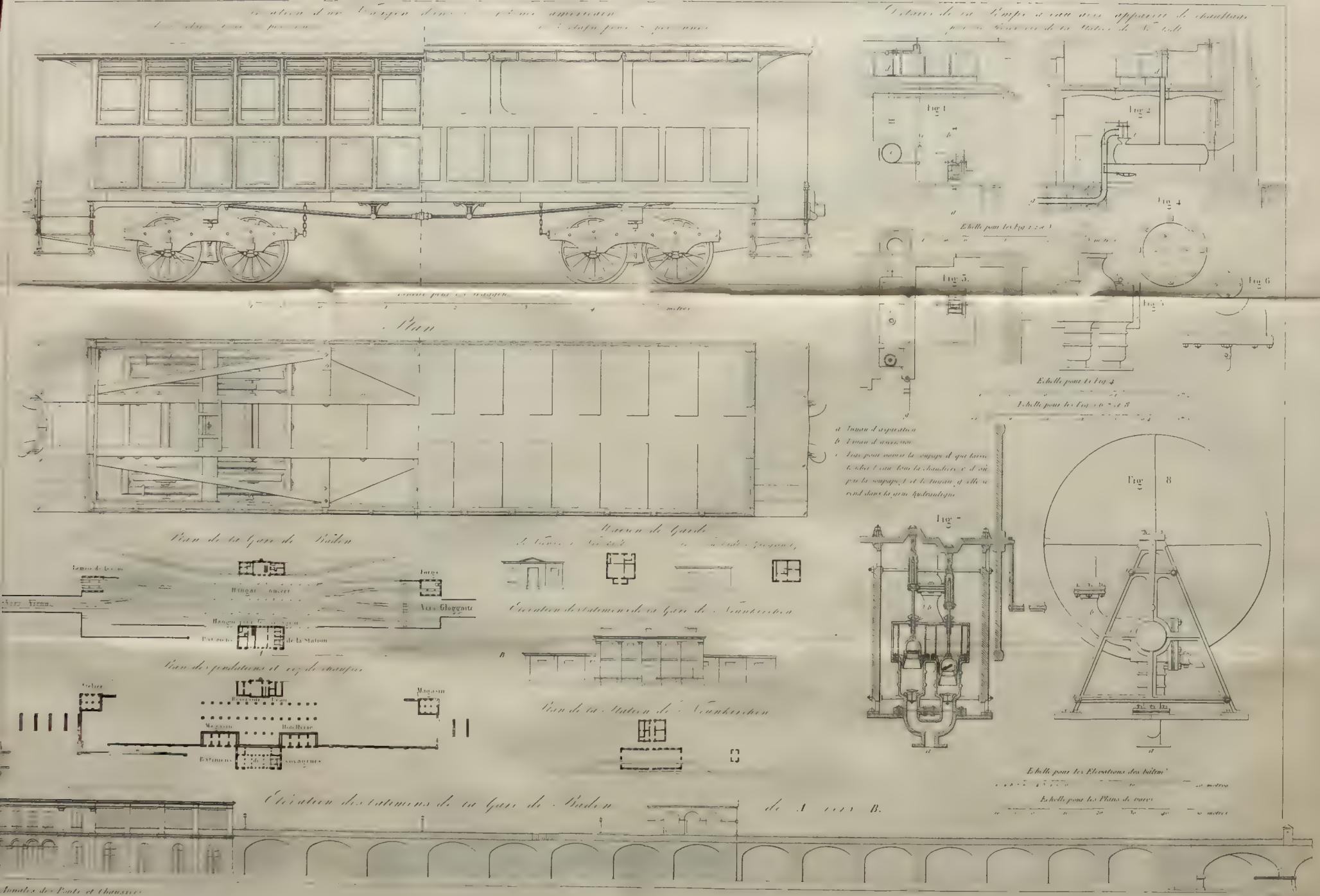
La largeur de la voie est de $1^{m}.45$ comme celle du chemin du Nord.

Le 4 février 1844, le gouvernement autrichien autorisa la compagnie à exécuter trois embranchements :

L'un de Vienne à Bruck sur la Leitha aux frontières hongroises vers Presbourg de.	Kilom. 37.93	de longueur.
Le deuxième de Moedling à Laxenburg de.	4.55	
Le troisième de Neustadt aux frontières hongroises, vers Oedenburg de.	4.36	
Total.	46.84	

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS




Plan
Plan de la Gare de Baden
Vers Vienne
Vers Gloggnitz
Hangar couvert
Forge
Plan des fondations et vue de chaufferie
Magasin
Boucherie
Batimens de voyageurs
Plan de la Station de Neunkirchen
Elévation des batimens de la Gare de Baden de A vers B.
Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3
Fig. 4
Fig. 5
Fig. 6
Fig. 7
Fig. 8
Echelle pour les Elévations des batim.
Echelle pour les Plans de gares
Annales des Ponts et Chaussées

Une réunion générale des actionnaires, du 30 juin 1844, décida la construction de ces embranchements, et celle d'une ligne de fer exploitable par chevaux seulement, de 3 490 mètres de long, qui unirait la station de Vienne au centre de cette capitale, en un point situé sur les glacis près de la porte de Stuben à 570 mètres seulement de la place de Saint-Étienne.

Les dépenses ont été arrêtées :

Pour le premier embranchement à une somme de. . . .	8 025 000 fr.
Pour le deuxième embranchement à la somme de.	355 000
Et le troisième à.	630 000
Et pour le prolongement du chemin vers la porte de Stuben.	815 000
Total.	9 825 000

Dans la réunion des actionnaires du 29 janvier 1845, on vota pour couvrir cette dépense une somme de 10 millions.

Le capital de la société se compose ainsi aujourd'hui :

De 25 000 actions à 1 250 fr.	31 250 000 fr.
Et d'un emprunt à 5 pour 100.	3 750 000
Total.	35 000 000

On mit immédiatement la main à l'œuvre, et déjà, au 28 septembre 1845, l'embranchement de Laxenburg avait été livré.

Dans la réunion du 29 janvier 1845, on a aussi créé une réserve annuelle de 7 500 fr., pour faire une caisse de pension pour les employés.

Les principales circonstances de l'exploitation, du 1er janvier au 31 décembre 1844, sont :

Recettes.

Pour 1 057 636 voyageurs.	1 603 215 fr.
Pour 1 463 699 kilogrammes d'excédant de bagages et de marchandises accélérées.	37 877
Pour 6 876 400 kilogrammes de marchandises ordinaires.	476 612
Pour 782 voitures de voyageurs.	24 944
Pour 3 549 chiens.	3 199
Pour diverses recettes, pour les omnibus, les loyers, etc.	120 034
Total.	2 265 881

Pour cela il y a eu 6 418 convois de voyageurs qui ont parcouru 305 000 kilomètres, chacun de 47^{km}.4 à 165 personnes, et à 228 kilogrammes de marchandises ou bagages, et 1 391 convois de marchandises qui ont parcouru 104 200 kilomètres, chacun de 75^{km}.2 transportant 46 640 kilogrammes.

Frais d'exploitation correspondants.

	fr.
Dépense de régie relative au personnel des ingénieurs. . . .	79 930
Id. aux caisses des stations..	109 048
Id. aux bureaux d'expédition et magasins de marchandises.	70 118
Id. au bureau central.	34 800
Entretien des terrassements et ouvrages d'art.	40 880
Id. de la voie de fer.	55 392
Id. des bâtiments.	14 383
42 200 stères de bois à 6^{fr}.13 le stère pour les locomotives.	257 891
Huile, graisse, suif pour les locomotives.	11 355
Entretien et réparation des locomotives.	139 717
Chauffeurs, conducteurs, pompeurs d'eau, etc., pour les locomotives.	83 420
Entretien des voitures de voyageurs.	65 330
Id. de marchandises.	39 965
Entretien des signaux.	6 390
Total.	1 008 619

Le rapport entre les dépenses et les recettes est donc de 0.445.

Le montant des recettes nettes est de.	1 257 262 fr.
A cela il faut ajouter les bénéfices de la fabrique des machines qui sont de..	120 783
Et l'excédant des recettes en 1843.	116 744
Total.	1 494 789

Sur cela on a payé aux actionnaires 52^{fr}.5 pour chaque action de 1 250 fr. ou.	1 312 500 fr.
Pour intérêts divers.	45 962
Et on a réservé pour 1845.	136 327

Les locomotives ont parcouru en tout 547 000 kilomètres et ont brûlé 0st.077 de bois par kilomètre, qui ont coûté 0^{fr}.472; la dépense en huile et graisse a été

de $0^{fr}.0207$, celle pour les conducteurs et chauffeurs $0^{fr}.153$, celle pour les réparations des locomotives et tenders $0^{fr}.256$; ou en tout $0^{fr}.9017$ pour les frais de traction. C'est la machine l'*Altmannsord*, construite dans les ateliers de la compagnie, qui a brûlé le moins de bois $0^{st}.0525$ par kilomètre ; c'est une machine anglaise qui en a brûlé le plus : $0^{st}.1215$. L'économie obtenue en 1844 sur 1843 de $0^{fr}.068$, pour le combustible, tient aux améliorations introduites dans les locomotives, et surtout aux récompenses accordées aux chauffeurs qui brûlaient le moins de bois.

Il y a eu en tout 1 057 636 voyageurs dont :

55 881	de 1re classe.
270 125	de 2e classe.
718 250	de 3e classe.
13 380	voyageurs non assis.
1 057 636	

Du 1er janvier au 30 septembre 1845 il y a eu 880 167 voyageurs, tandis qu'en 1844, pour les mêmes mois il y en a eu 911 157. Dans le même intervalle, en 1845, il y a eu $62\,410^{t}.109$ de marchandises transportées, et en 1844, $49\,062^{t}.404$.

Jusqu'ici aucun des deux chemins projetés de Vienne à Presbourg par les deux rives du Danube, n'a pu être exécuté. Le seul chemin qui ait été livré à l'exploitation en Hongrie, est celui de Presbourg à Saint-Georges, qui avait été projeté jusqu'à Tyrnau, mais que le défaut de fonds fit arrêter à moitié distance (*).

Le prix des places entre Saint-Georges et Presbourg est de $0^{fr}.65$ pour les premières, $0^{fr}.40$ pour les deuxièmes et $0^{fr}.25$ pour les troisièmes places.

Les états de Hongrie ont décidé qu'il serait construit

(*) *Voir* l'article précité page 324.

un chemin de Bukovar à Fiume, sur la mer Adriatique, de 478 kilomètres de longueur : ce chemin sera concédé à l'industrie privée.

La Hongrie a aussi entrepris un système central de chemins de fer qui doit relier Pesth et Presbourg à Gœnserndorf, sur la ligne autrichienne du Nord; la portion de Pesth à Waitzen a du être livrée au public en novembre 1845.

Le chemin de Venise à Milan et à Monza peut être considéré comme le prolongement de celui de Vienne à Glognitz et à Trieste. Les plus grandes pentes sont de 4 à 5 millimètres et seulement sur quelques parties; en général les pentes ne sont que d'un millimètre. Le seul ouvrage important, outre un tunnel de 100 mètres près de Vicence, est le grand viaduc des lagunes de Venise, Pl. 89.

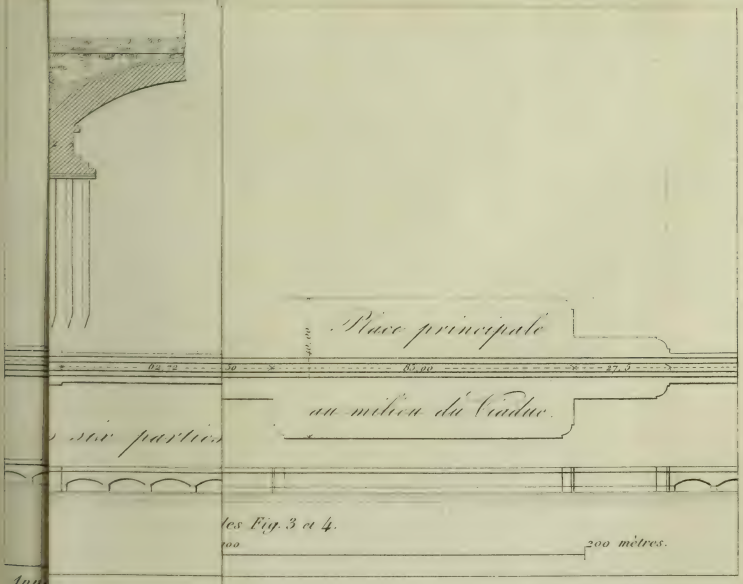
La partie de Padoue à Marghera est déjà livrée à la circulation depuis plus d'un an, celle de Padoue à Vicence a dû l'être pendant l'été de 1845; dans la Lombardie, la partie de Milan à Cassana à dû être livrée au printemps de 1845, et celle jusqu'à Tréviglio dans l'automne.

Toute la partie de Milan à Venise sera probablement achevée en 1848.

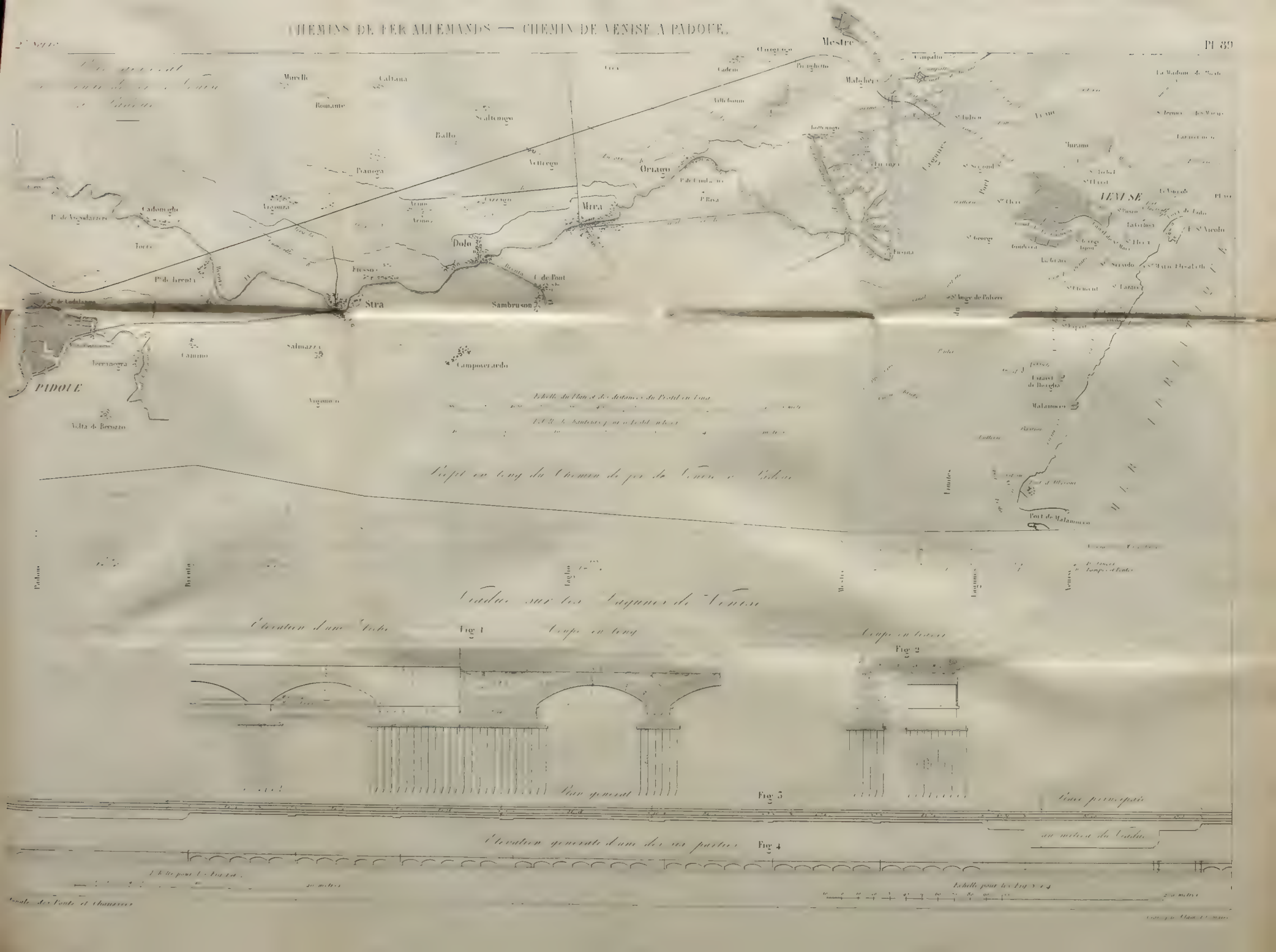
2° *Chemin de fer du Nord, dit de l'Empereur Ferdinand.*

Les travaux du chemin du Nord ne s'étendaient pas au delà de Leipnick au commencement de 1844; mais depuis que le roi de Prusse a décrété l'achèvement du chemin de fer silésien jusqu'à Oderberg à la frontière de la Moravie, et que l'on a fait un emprunt suffisant pour assurer son achèvement, les travaux ont été poussés avec beaucoup d'activité. Aujourd'hui que le chemin de Berlin à Oppeln

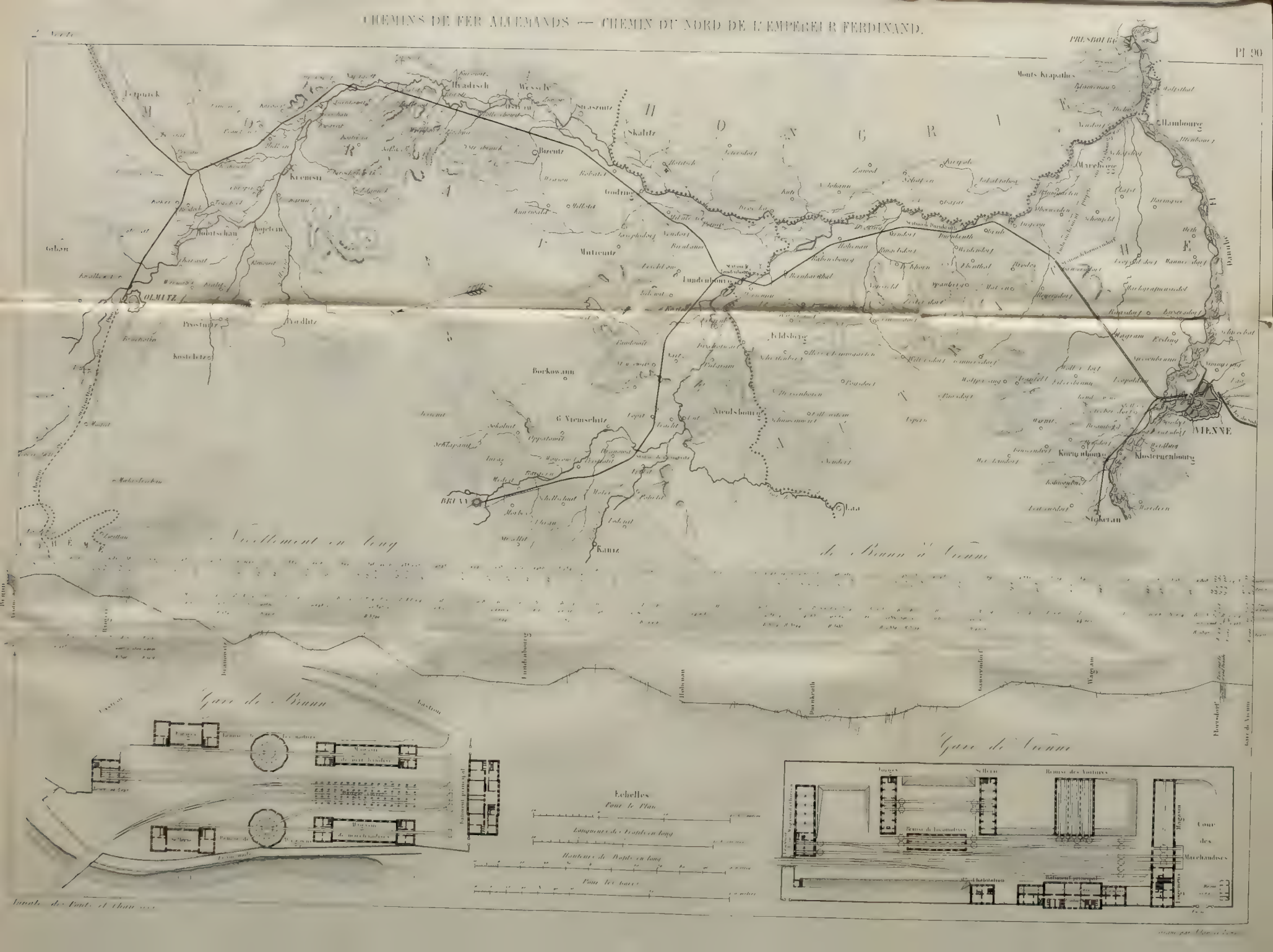
LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY of ILLINOIS



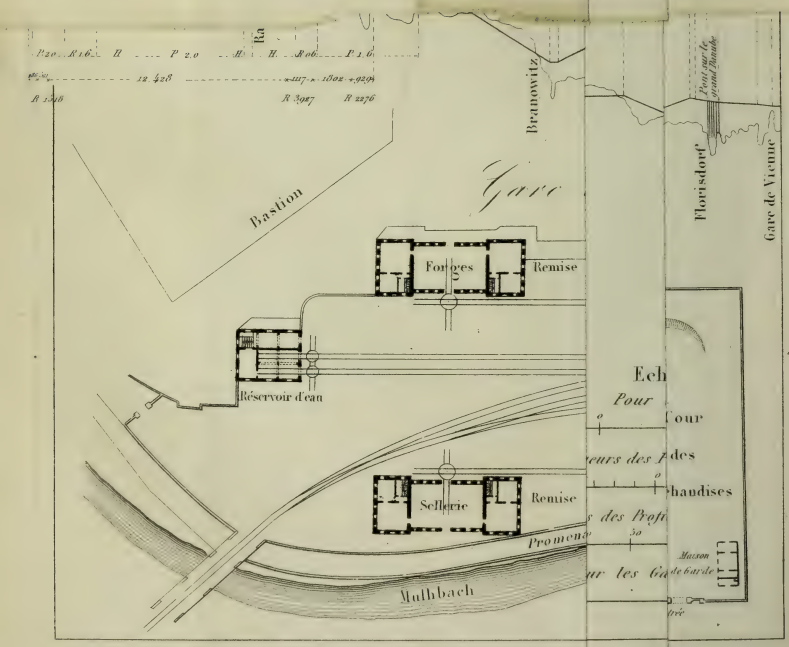
Gravé par Adam et Lemaire.


Mestre
Mira
Dolo
Stra
Sambruson
PADOUE
VENISE
Fig 1
Fig 2
Fig 3
Fig 4

CHEMINS DE FER ALLEMANDS — CHEMIN DU NORD DE L'EMPEREUR FERDINAND.



LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY of ILLINOIS



est presque achevé, qu'il ne reste plus qu'à compléter la partie d'Oppeln à Oderberg, à laquelle on travaille activement, et que celui d'Olmutz à Prague, construit aux frais de l'empire, est également livré, cette ligne pourra enfin atteindre son but et unir l'Autriche au nord de l'Allemagne.

Au delà de Bochnia le gouvernement autrichien doit lui-même continuer la ligne du Nord, d'une part sur Lemberg et Brody et de l'autre sur Chernowitz : on doit mettre la main à l'œuvre dès 1846.

La compagnie doit également prochainement construire un embranchement de Gœnserndorf à la March sur les frontières de la Hongrie, pour se relier avec le chemin central de cette province : la longueur de cet embranchement sera de $19^{km}.75$, et coûtera 2 millions; la partie hongroise en cours d'exécution, de Presbourg à la March, de 18 kilomètres, doit coûter 4 725 000 francs. La dépense est donc en compte rond de 137 000 francs par kilomètre.

La partie de chemin comprise entre Vienne et Brunn, Pl. 90, a 142 743 mètres de longueur sur laquelle il y a 123 976 mètres en alignements droits et 18 773 mètres en courbe. Les rayons de courbure varient de 569 mètres à 3 926 mètres, la courbe de 569 mètres de rayon n'a que 171 mètres de longueur. Les pentes sont assez faibles; la plus forte est de $2^{mm}.85$ sur une longueur de 655 mètres; les 2/7 de la longueur sont horizontales; sur 1/7 environ les pentes sont égales ou inférieures à 5 millimètres, sur 1/10 elles sont comprises en 1 et 1/2 millimètre, sur 1/7 elles sont comprises entre 1 et 2 millimètres, et sur 2/7 elles varient de $2^{mm}.00$ à $2^{mm}.85$.

Le chemin est à double voie jusqu'à Gœnserndorf sur une longueur de 30 346 mètres, parce que la compagnie avait espéré obtenir l'autorisation de construire un embranchement de là à Presbourg, autorisation qui n'a pas

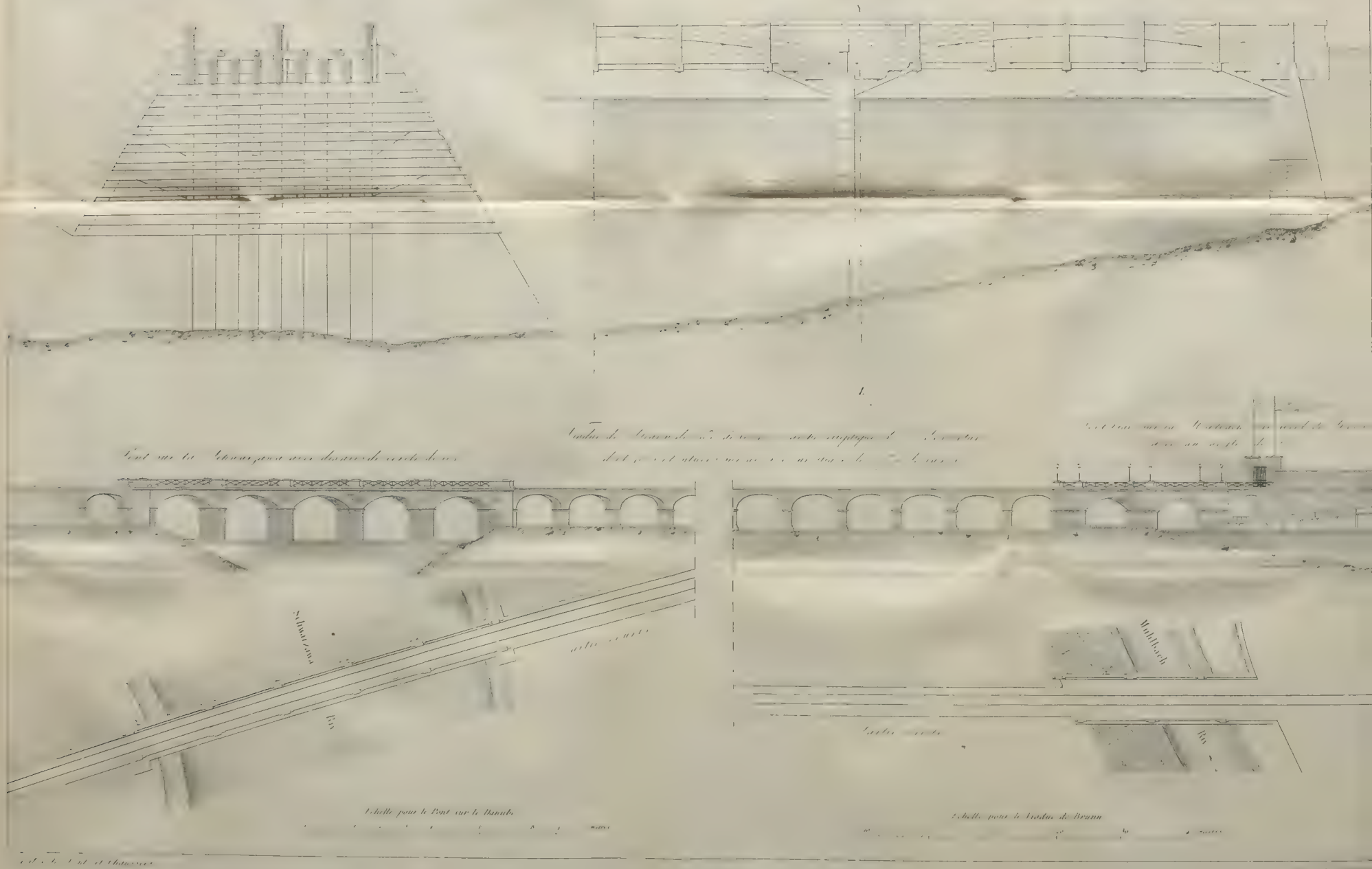
encore été accordée. Au delà, les terrassements ne sont faits que sur une largeur de $4^{m}.425$ au couronnement. Les mouvements de terres ne sont pas considérables, le plus grand déblai est près de Branowitz, il a $9^{m}.50$ de hauteur au maximum, et la tranchée n'a que 1 200 mètres de longueur, le remblai qui le précède n'a que $8^{m}.80$ de hauteur au maximum, et une longueur de 5 500 mètres.

Dans la partie en construction entre Leipnick et Oswieczin il y a deux faîtes à franchir, qui séparent l'Oder de la March et de la Vistule, et cependant les pentes ne dépassent pas $3^{mm}.33$. Prerau et Ostrow sont à égale hauteur, et le point culminant qui les sépare est à 97 mètres au-dessus ; au lieu d'un tunnel on y a pratiqué une tranchée de 760 mètres de longueur, avec une profondeur maxima de $6^{m}.65$, et moyenne de $4^{m}.75$.

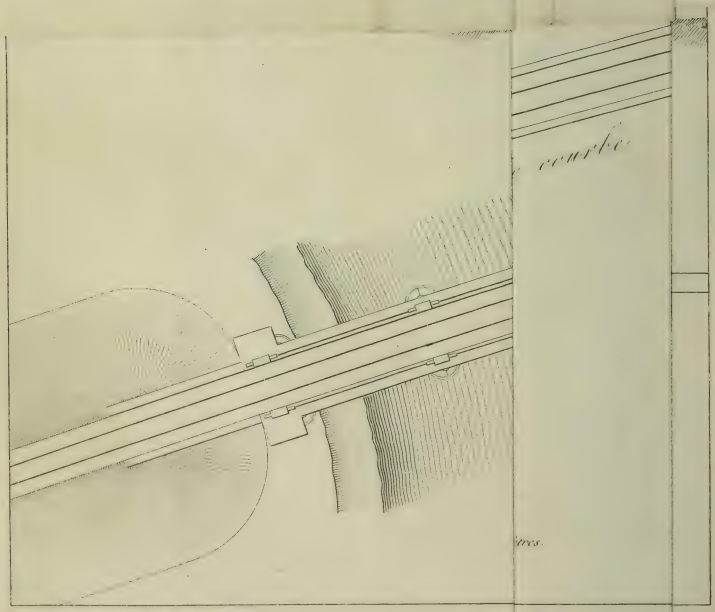
Les ouvrages d'art les plus remarquables sont les deux ponts du Danube et les ponts et viaducs de Brunn, dont nous donnons le dessin, Pl. 91.

Les ponts du Danube sont très-grossièrement construits en bois de pin et de sapin : les culées seulement sont en maçonnerie. Le premier pont sur le bras du Danube appelé Kaisserwasser, a 9 travées de 17 mètres d'ouverture chacune ; le second qui est sur le lit principal du fleuve en a 23, dont les 7 du milieu ont $19^{m}.90$ d'ouverture et les autres $17^{m}.95$. Chaque palée est formée par 9 pilots de $3^{m}.50$ à $5^{m}.50$ de fiche et de $0^{m}.32$ de diamètre, et garantie par un brise-glaces en chêne, garni avec de la tôle. Ces deux ponts ont coûté dans l'origine 286 $677^{fr}.50$. En 1843 on a été obligé de refaire à neuf le grand pont et on a dépensé pour cela :

En main-d'œuvre et apparaux.	53 275 fr.
Et en fournitures de bois et de fers.	160 734
Total.	214 009 fr.
Les matériaux de démolition sont évalués à.	34 083
Reste pour la dépense réelle	179 926 fr.


Schwarzawa
Rio
Mühlbach
Rio
Echelle pour le Pont sur le Danube
Echelle pour le Viaduc de Brunn

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY of ILLINOIS



Annales des Ponts et Chaussées.

J'ai vu en 1844 refaire à neuf le petit pont sur le Kaisserwasser.

On voit que tous les treize ans, il y a une dépense de 180 000 fr. environ à faire pour le renouvellement du grand pont, soit 220 000 fr. en ajoutant les sommes nécessaires à l'entretien pendant les treize ans, ce qui fait précisément la valeur de la construction première, et comme il faut un capital primitif de 250 000 fr. environ pour reproduire à intérêt composé à 5 pour 100 au bout de treize ans, la somme de 220 000 fr., il s'ensuit qu'avec ce système adopté, on est dans la même position que si l'on avait dépensé primitivement 470 000 fr. pour construire le pont en pierre par exemple, de manière à éviter une reconstruction périodique : un pont de cette espèce aurait coûté au moins 10 millions à cause des difficultés de fondations ; le système adopté d'un pont en bois est donc très-économique ; il est vrai que l'on pourrait dire que par la suite les matériaux augmentant de valeur, sa reconstruction coûtera plus de 180 000 fr.

Il n'y a encore sur le Danube aucun pont en pierre, ni même aucun pont suspendu. Dans ce moment une compagnie financière, représentée par M. Sina, construit à Pesth en Hongrie, un pont suspendu à trois travées, celle du milieu a $208^{m}.70$ de longueur, et les deux autres ont chacune $82^{m}.30$; la hauteur du plancher sera de $15^{m}.54$ au-dessus des basses eaux et $8^{m}.23$ au-dessus des grandes crues : les maçonneries sont à peine sorties hors des eaux et déjà on a dépensé plusieurs millions. La grande dépense du pont de Pesth éloignera, je pense, longtemps les ingénieurs allemands de faire un pont en pierre sur le Danube.

Le viaduc de Brunn, Pl. 91, avec ses 72 arches elliptiques de $7^{m}.50$ d'ouverture, et ses deux ponts sur la Schwarsawa de 7 arches à $9^{m}.30$ d'ouverture, est l'ouvrage le plus remarquable après le pont sur le Danube : cet ouvrage est

entièrement en maçonnerie; il n'est construit que pour une voie, ainsi que tous les autres ouvrages d'art au delà de Gœnserndorf : il n'a que $4^{m}.70$ de largeur entre les têtes; la plus grande partie de ce viaduc est curviligne avec un rayon de 1 517 mètres ; il est entré dans sa construction 3 536 mètres cubes de maçonnerie, 2 millions de briques, 750 mètres cubes de chaux et 1 500 mètres cubes de sable.

Il y a en tout jusqu'à Brunn, une longueur totale de $1\,130^{m}.40$ de ponts en bois et $151^{m}.70$ de ponts avec piles en maçonnerie et tabliers en bois, 116 passages ordinaires, 21 ponts ayant ensemble 139 arches en maçonnerie, 3 viaducs de 740 mètres de longueur avec 89 arches et 198 passages pour des routes.

Entre Lundenbourg et Prerau il y a 326 ponts, aqueducs ou passages; près de Napagedel, un pont en bois de 95 mètres traverse la March. Sur l'embranchement d'Olmutz, il y a 72 ponts et passages.

Entre Vienne et Brunn il y a eu 4 430 000 mètres cubes de terres remuées; sur l'embranchement de Stockerau, il y en a eu 602 000 mètres cubes.

Les rails reposent sur des traversines qui sont éloignées de $1^{m}.30$ les unes des autres; elles ont $0^{m}.30$ sur $0^{m}.40$ d'équarrissage, $2^{m}.40$ de longueur, et sont entaillées de $0^{m}.158$.

Le mètre courant de rails ordinaires pèse $21^{kg}.30$, ceux fabriqués dans le pays à Neuberg ont $3^{m}.80$ de longueur, on les a payés 58 fr. les 100 kilogrammes ; on en a tiré aussi une grande partie d'Angleterre. Les coussinets pèsent $7^{kg}.28$ et $8^{kg}.40$. La distance intérieure entre les rails est de $1^{m}.44$. On a laissé un jeu de $0^{m}.026$ dans les parties courbes et de $0^{m}.02$ dans les parties droites. Sur les ponts en bois on a fixé des rails plats de $0^{m}.066$ sur $0^{m}.033$ qui reposent sur des longrines en bois de chêne.

Nous donnons ici, Pl. 90, les plans des stations principales de Vienne et de Brunn, d'après la revue de M. Forster; dans ce moment on augmente encore les bâtiments de la station de Vienne qui sont insuffisants.

Les dépenses faites aú 31 décembre 1844 sont, pour :

	fr.
Travaux.	36 658 878
Frais d'administration.	495 891
Embranchement de Stockerau	2 833 146
Intérêts divers.	3 229 041
Total.	43 216 956

Dans cette somme figure la dépense faite entre Leipnick et Oderberg.

Le tableau suivant donne les recettes et les mouvements des voyageurs et des marchandises.

ANNÉES.	NOMBRE des voyageurs.	RECETTE relative aux voyageurs.	MARCHANDISES les tonnes de 1 000 kilog.	RECETTE relative aux marchandises.	RAPPORT entre les deux recettes.
		fr.	tonn.	fr.	
1838	190642	211 412	»	»	
1839	273 055	668 193	»	»	
1840	225 187	1 018 635	29 917	49 009	0 048
1841	393 471	1 365 781	57 839	852 692	0.625
1842	622 665	1 887 925	83 249	1 252 500	0.663
1843	661 220	2 081 367	100 823	1 766 312	0.848
1844	668 907	2 179 256	113 553	1 982 541	0.911
8 1er s mois de 1844	438 295	1 396 195	64 401	1 246 522	0.893
Idem. de 1845	423 208	1 464 183	75 435	1 854 202	0.925

Du 1er novembre 1840 au 1er novembre 1841, il y a eu :

En voyageurs de 1re classe.	10 309	ou	3.1	pour 100
Id. 2e. . . .	67 931	ou	20.3	*id.*
Id. 3e. . . .	182 605	ou	54.5	*id.*
Id. 4e. . . .	73 588	ou	22.1	*id.*
En tout. . . .	334 433		100.0	

Nous remarquerons comme curiosité locale, que sur l'embranchement de Stockerau on a transporté en 1843 : 67 sangliers, 345 cerfs, 504 chevreuils et 36 558 lièvres.

Pour confirmer les observations faites par M. Minard sur le parcours partiel, nous ferons remarquer que même sur la petite ligne de Vienne à Stockerau, le nombre total des voyageurs a été, en 1843, de 328 127, tandis que le nombre de ceux qui ont parcouru la ligne entière n'était que de 189 380, rapport 0.576. Le nombre des voyageurs qui ont voyagé sur la ligne de Vienne à Brunn, en excluant ceux qui ont emprunté une partie de cette ligne pour aller à Stockerau, Olmutz et Leipnick, est de 249 296, tandis que 37 981 seulement ont parcouru la ligne entière, rapport 0.152. De même sur la ligne de Vienne à Olmutz, le nombre des voyageurs est de 228 232, tandis que 14 721 seulement ont parcouru la ligne entière, rapport 0.0645; et il y a eu seulement 10 821 voyageurs qui ont parcouru la totalité de la ligne jusqu'à Leipnick sur 186 400 voyageurs, rapport 0.058.

L'observation de M. Minard s'applique même ici aux marchandises, car la ligne de Stockerau a reçu 6 551t.5 et 2 393 tonnes seulement ont parcouru la ligne entière; et sur 88 462 tonnes qui ont été reçues sur la ligne de Leipnick et les embranchements de Brunn et d'Olmutz,

Il n'a été porté de Vienne à Leipnick, et réciproquement, que	20 811 t.
Il n'a été porté de Vienne à Olmutz, et réciproquement, que.	6 869
Il n'a été porté de Vienne à Brunn, et réciproquement, que	17 444
Total.	44 124 t.

En 1841 on n'a fait que 262 voyages où l'on a employé le

bois comme combustible; c'est cette année que pour économiser les dépenses de combustible par l'emploi du bois, on a appliqué aux locomotives l'appareil de Klein, pour empêcher les flammèches d'être projetées au loin; à cette époque on payait 5fr.88 le stère de bois blanc et 8fr.08 le stère de bois dur.

Du 31 novembre 1841 au 31 décembre 1842, on a brûlé par kilomètre :

	km.			kg.	
Pour	319 397.72	parcourus	par les voyageurs	14 9	de coke.
Id.	97 427.00	*id.*	par les convois mixtes.	17.9	*id.*
Id.	221 703.50	*id.*	par les convois de marchandises.	22.5	*id.*
Id.	29 527.36	*id.*	par les convois spéciaux.	15 9	*id.*
Id.	872.39	*id.*	par les convois d'essai.	25.0	*id.*
Total	668 927.97.			18.0	moyenn.

On a réduit tout le combustible en coke, en comptant 56 kilogrammes de charbon pour 53kg.3 de coke, pour 89kg.5 de tourteaux, et pour 0st.34 de bois : on n'a pas compris dans cela les combustibles déjà allumés une fois, parce qu'ils ont été pris en compte la première fois qu'on les a allumés. En ôtant le combustible qui n'a pas été entièrement consommé, la dépense moyenne par kilomètre se réduit à 17kg.00.

En séparant les convois où l'on a employé exclusivement du coke de ceux où l'on a employé le bois seulement, on trouve : 16kg.6 de coke pour les convois de voyageurs, 24kg.7 pour ceux de marchandises, et 20 kilogrammes en moyenne; et 0st.0797 de bois pour les convois de voyageurs, 0st.1075 pour ceux de marchandises et 0st.0936 en moyenne; ainsi un stère de bois fait autant d'effet que 206 kilogrammes de coke pour les convois de voyageurs, que 221 kilogrammes pour ceux des marchandises, et que 211 kilogrammes de coke en moyenne.

En 1843 on a fait sur toute la ligne, 7214 voyages, et l'on a parcouru 639 391km.96, dont 293 000km.13 pour les convois de voyageurs, 341 904km.4 pour les convois mixtes

et de marchandises et 4 487^{km}.4 pour les convois privés et d'essai ; il y a eu 3 685 convois pour les voyageurs, 1 517 mixtes, 1 854 pour marchandises, 120 convois particuliers et 34 convois d'essai. Et outre les marchandises on a encore transporté 20 739 tonnes de matériaux appartenant à la compagnie.

En 1844 on a fait sur le chemin du Nord :

Une recette totale de.		4 151 770 fr.
Les dépenses correspondantes ont été, déduction faite des approvisionnements.		2 084 522
La recette nette a donc été.		2 067 248 fr.
On a payé sur cela pour intérêts des emprunts et amortissement.	279 437 fr.	
Et l'on a distribué aux actionnaires un dividende de 5 pour 100 s'élevant à.	1 762 500	
	2 041 937	2 041 937
Il est donc resté pour la caisse de réserve. . .		25 311

En sus de 10 pour 100 qui sont mis régulièrement de côté pour l'entretien et le remplacement du matériel, et qui sont compris dans la dépense ordinaire.

La dépense totale pour 1844 peut se partager ainsi :

1° Dépenses en combustibles.	359 699 fr.
2° Entretien des locomotives, voitures, etc.	659 434
3° Entretien de la voie, des ouvrages d'art, bâtiments.	374 940
4° Administration générale.	704 626
Total.	2 098 699

Nous allons examiner chacun de ces quatre articles :

1° En 1844 on a parcouru 752 800 kilomètres avec les convois, dont 296 000 kilomètres pour les voyageurs seulement, 448 000 kilomètres pour les convois de marchandises et les convois mixtes, et 8 800 pour les convois de réserve et d'essai ; et l'on a brûlé pour les locomotives 10 718 kilogrammes de charbons de forge, 308 635^{kg}.6 de charbons bruns, 55 994 kilogrammes de coke, 53 174 ki-

1er JANVIER 1843 AU 31 DÉCE 44 AU 31 DÉCEMBRE 1844.

RAIS de trati des omo ves.	OIS : Blanc.	KILOMÈTR ARCOURUS ET CONSOMMATION et consommation moyenn combustible par kilomètre. CONVOIS DE VOYAGEURS. NOMBRE de kilomètres parcourus.	CONSOMMATION de combustible par kilomètre. Charbon et coke réduits en coke.	CONSOMMATION de combustible par kilomètre. Bois.	K... p...	CONVOIS MIXTES et de marchandises. NOMBRE de kilomètres parcourus.	CONSOMMATION de bois par kilomètre.	CONVOIS d'essai et spéciaux. NOMBRE de kilomètres parcourus.	TOTAUX des kilomètres parcourus.	FRAIS de réparation.
fr	stères.	kilom.	kilog.	stères.		kilom.	stères.	kilom.	kilom.	fr.
085	»	»	»	»		»	»	185	185	929
5009	1 191.49	»	»	»		18 280	0.1135	547	19 712	3 304
4910	1 039.76	1 972.74	»	0.1190	3	10 040	0.1106	188	11 979	3 624
1756	1 100.96	10 059.04	»	0 0770		8 870	0.0845	456	26 016	1 499
7984	1 207.43	15 478.47	»	0.0945	2	1 248	0.1018	215	23 073	4 812
1570	1 378.49	15 664.52	»	0.0840	5	594	0.064	358	17 302	7 159
4630	652.80	5 020.98	»	0.0840	7	11 250	0.099	44	13 644	2 059
2604	399.29	8 201.98	»	0.0700	*	777	0.0902	357	19 084	1 362
0904	145 99	»	»	»		10 120	0.0815	122	10 385	6 791
8393	1 313.25	* 397.32	»	»	5	29 150	0.0873	23	29 233	3 169
6001	1 052.09	707.58	»	0.0805	2	22 400	0.0874	364	24 007	1 136
1071	368 26	6 589.01	»	0.0385		»	»	»	»	2 264
6941	151.30	424.82	»	0.0910	9	11 490	0.0874	342	13 087	1 015
191	»	»	»	»		»	»	8	8	442
212	»	»	»	»	7	12 580	0.0989	333	19 223	3 971
7345	1 584.61	14 137.08	»	0.0770	9	3 180	0.0845	378	15 408	1 364
597	»	»	»	»		»	»	»	»	3 135
3871	215.26	3 207.36	»	0.0630	5	13 380	0.0756	27	14 617	1 580
8290	230.35	»	»	»		17 730	0.0874	76	18 098	6 813
8591	1 420.56	5 295.22	»	0.0840	4	4 940	0.0989	121	9 461	7 676
6481	500.23	8 712.90	»	0.0735		8 540	0.0786	198	24 238	1 317
3736	1 616.70	7 957.90	32.94	0.1435	2	10 140	0.1192	121	17 011	2 692
4198	2 436.31	»	»	»	2	23 860	0.1310	130	24 106	8 677
617	448 59	2 157.08	»	0.0980	5	17 850	0.0845	218	32 068	1 574
2863	2 249.31	9 267.25	»	0.1155	4	2 084	0.0989	209	4 318	6 679
6004	2 308.81	»	»	»	2	24 300	0.1250	213	24 513	6 322
5583	584.80	19 769.87	»	0.0770	5	227	* »	72	3 219	2 323
0769	64.60	1 375.72	»	0.0910	* 3	4 540	0.096	99	6 445	1 013
091	»	»	»	»		18 430	0.0728	19	19 151	3 360
357	»	»	»	»		»	»	»	»	789
2723	1 321.11	25 795.81	»	0.0735	5	432	0.0669	261	22 603	4 588
2278	605.84	33 304.63	14.22	0.0700	2	1 518	0.0698	84	16 802	4 362
» 1	514 68	11 329.12	17.69	0.0770	2	3 100	0.0874	371	22 151	2 904
» 0	1 486.23	24 399.42	»	0 0735	* 1	325	* »	136	24 511	2 274
» 5	1 127.53	* 38.12	»	»	2	10 220	0.1047	128	10 515	4 338
» 6	31.88	»	»	»		20 850	0.1105	87	20 967	3 286
» 3	1 566.55	14 728.22	»	0.0735	2	11 770	0.0874	286	15 930	4 432
» 6	685.31	13 394.03	»	0.0700	8	3 400	0.0815	135	23 485	4 038
» 0	305.57	6 337.91	15.84	0.0840		11 000	0.0756	244	24 414	4 217
» 8	842.98	23 501.24	16.07	0.0735	1	3 060	0.0727	188	36 648	2 747
» 1	2 159.00	* 112.27	»	»	35	26 430	0.0786	285	34 315	3 384
» 5	1 181.07	* 453.64	»	0.0805	2	34 150	0.0786	180	34 528	4 393
» 3	414.80	* 22.38	»	»		8 070	0.1512	151	8 221	3 791
» 8	160.01	3 186.50	»	0.0560		8 100	0.1484	140	8 240	1 682
»	»	»	»	»		4 250	0.1745	77	4 394	1 129
»	»	»	»	»		3 130	0.1920	70	3 200	384
»	»	»	»	»		12 630	0.1177	89	12 719	2 093
»	»	»	»	»		160	* »	68	1 668	»
»	»	»	»	»		»	»	»	»	»
»	»	»	»	»		»	»	»	»	»
324	»	»	»	»		»	»	»	»	»
929	36 063.80	293 000.13	»	»	34	448 595	»	8 403	760 948	152 292

DU 1er NOVEMBRE 1840 AU 31 OCTOBRE 1841.

Numéros d'ordre	Noms des locomotives	Force des locomotives en chevaux	Constructeurs	Charbon	Coke et charbon déjà brûlé	Tourbeaux	Tourbe	Bois	Convois de voyageurs: Nombre de kilomètres parcourus	Convois de voyageurs: Combustible réduit en coke par kilomètre	Convois mixtes et de marchandises: Nombre de kilomètres parcourus	Convois mixtes: Combustible réduit en coke par kilomètre	Convois d'essai et spéciaux: Nombre de kilomètres parcourus	Convois d'essai: Combustible réduit en coke par kilomètre	Totaux des kilomètres parcourus	Consommation moyenne par kilomètre	Frais de réparation des locomotives
				kilog	kilog	kilog	kg	stères	kilom	kilog	kilom.	kilog	kilom	kilog	kilom	kilog	fr
1	Austria	20	R. Stephenson, à New-Castle	11 519.20	9 592.80	112.00	»	55.28	451.36	12.53	824.95	16.07	386.88	18.20	1 663.22	15.62	1 085.00
2	Baltimore	[illegible]	Baldwin, à Philadelphie	»	»	»	»	151.51	»	»	907.47	22.99	127.07	*32.13	1 034.54	22.94	500.85
3	Virginia	30	Norris, à Philadelphie	203 250.00	9 520.00	»	»	60.78	3 793.00	22.11	4 791.51	24.54	444.74	16.60	9 029.25	21.15	491.58
4	Atlas	30	Turner Evans, à Newton	71 618.40	346 326.40	1 646.40	»	386.96	15 790.26	27.34	3 744.64	26.38	3 185.17	36.85	22 720.07	20.86	7 175.00
5	Phœnix	35	Sharp Roberts et Cie, à Newton	23 094.40	97 199.20	»	»	87.76	496.88	22.18	5 457.18	20.56	550.95	20.19	6 501.99	20.93	798.04
6	Meteor	35	Sharp Manchester	6 325.00	87 824.80	»	»	45.90	6 623.53	14.89	»	»	31.29	*27.41	6 654.82	14.89	1 157.25
7	Bucephalus	30	Taylor et Cie, à Washington	164 287.20	95 877.60	2 828.0	»	270.70	1 237.52	25.35	8 184.35	32.65	2 933.89	31.99	12 355.76	22.40	5 465.92
8	Bruna	30	R. Stephenson	152 224.80	218 041.60	»	»	375.28	1 702.11	33.98	3 820.50	*39.58	18 469.07	33.82	23 991.68	18.87	6 260.71
9	Columbus	25	Norris	252 364.00	69 594.00	8 803.20	»	253.51	»	»	17 527.45	38.99	788.00	*45.84	18 315.45	21.08	6 090.43
10	Herkules	30	R. Stephenson	83 356.00	21 229.60	2 296.00	»	93.71	»	»	5 069.34	21.74	166.89	24.46	5 236.23	21.74	3 839.08
11	Florida	30	Norris	140 196.00	6 552.00	6 888.00	»	123.25	38.88	*30.14	8 109.43	19.16	380.25	18.05	8 528.56	18.57	600.46
12	Jupiter	30	R. Stephenson	32 149.60	24 337.60	1 702.40	»	94.56	844.89	22.64	662.83	27.78	1 670.81	40.82	3 178.53	22.63	4 107.79
13	Merkur	25	J. Cokerill, à Seraing	105 694.40	127 915.20	3 942.40	»	203.15	318.61	*31.25	3 953.25	42.97	10 880.22	32.57	15 152.08	18.87	4 694.56
14	Moravia	20	R. Stephenson	8 344.00	5 628.00	»	»	13.18	»	»	1 346.52	13.04	344.21	11.50	1 690.73	18.23	1 191.25
15	Nordstern	25	G. et J. Rennie, à Londres	191 641.52	137 608.80	2 576.00	»	225.68	46.46	37.90	15 032.61	43.26	1 024.11	41.41	16 103.18	21.15	8 212.42
16	Rakete	30	Turner Evans	68 588.80	448 520.80			271.98	28 137.42	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1 706.85	42.15	30 142.97	19.68	4 734.08
17	Saturn	25	J. Cokerill	96 706.40	142 766.40	6 160.00	»	195.48	210.42	[illegible]	9 850.51	42.60	4 889.15	*40.82	14 950.11	19.75	5 597.88
18	Vindobona	30	R. Stephenson	97 370.56	85 870.40	2 592.80	»	233.51	4 801.94	15.55	4 844.61	43.56	2 170.54	31.03	11 817.09	17.98	5 387.42
19	Vulkan	30	Idem	48 757.20	24 578.40	56.00	»	62.69	»	»	3 277.15	20.27	591.71	21.67	3 868.86	20.93	1 829.67
20	Vesta	30	Turner Evans	14 392.00	118 160.00	»	»	127.29	2 935.62	*21.23	1 638.58	21.74	2 825.79	18.21	7 402.99	20.41	1 659.58
21	Patria	35	Du rail-way du Nord, dit de l'Empereur Ferdinand, à Vienne	49 728.00	236 964.00	868.00	»	237.79	9 180.96	37.14	3 912.48	43.41	3 353.01	35.30	16 446.45	19.31	6 618.29
22	New-York	30	Norris	368 328.80	131 247.20	8 512.00	»	324.70	»	»	22 143.53	24.39	1 414.79	37.14	23 558.32	20.93	2 373.96
23	Minotaurus	45	Turner Evans	228 071.20	288 097.60	2 352.00	476	177.86	51.21	*34.12	19 857.30	33.17	35.08	*21.44	19 943.59	27.64	4 419.58
24	Adler	35	Idem	41 556.80	231 100.80	»	»	151.09	6 492.67	18.87	6 961.10	22.11	927.39	19.23	14 381.16	20.05	1 617.29
25	Pfeil	35	Idem	28 341.60	277 110.40	»	»	113.48	12 670.32	18.50	3 013.54	21.81	1 073.42	19.68	16 757.48	19.97	2 286.04
26	Ajax	45	Idem	17 012.80	266 666.40	»	»	168.94	59.74	*21.15	12 406.90	25.13	252.23	*76.13	12 718.87	21.82	1 600.37
27	Concordia	30	R. Stephenson	60 062.80	367 707.20	28.00	»	271.46	22 829.12	34.93	1 685.99	40.54	711.1[illegible]	*41.71	25 226.30	20.42	3 558.29
28	Magnet	30	Longride Starbuck et Cie, à New-Castle	41 303.60	385 621.60	»	»	270.51	24 398.47	35.30	1 069.63	34.12	883.77	*46.80	26 351.87	18.20	3 076.42
29	Samson	30	R. Stephenson	75 939.92	217 347.20	1 349.60	»	259.25	»	»	15 495.35	38.25	1 513.41	46.87	17 008.76	18.46	2 091.46
30	Gigant	30	Idem	25 760.00	190 360.80	2 878.40	»	170.85	961.53	31.10	10 520.83	40.61	910.32	42.45	12 392.68	18.94	2 357.04
31	Titan	35	Sharp Roberts et Cie	6 500.00	26 723.20	»	»	17.85	1 577.88	19.16	128.01	17.47	242.75	12.30	1 948.64	15.70	272.29
32	Pluto	35	Idem	2 408.00	37 307.20	»	»	15.08	»	»	2 233.13	17.69	105.25	*23.73	2 338.38	17.60	227.58
33	Olmucia	30	J. Cokerill	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
34	Komet	30	Idem	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
35	Theseus	40	Idem	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
36	Centaur	40	Idem	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
37	Planet	35	Turner Evans	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
38	Delphin	35	Idem	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
39	Blitz	35	Idem	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
40	Neptun	35	Idem	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
41	Cyclop	35	Rasmyths Gaskell	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
42	[illegible]	30	Idem	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
43	[illegible]	35	De la fabrique de Neustadt	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
44	Elephant	35	Idem idem	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
45	Danube	55	Cokerill, à Seraing	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
46	Oder	55	Idem	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
			Machine de Neustadt	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
			Machine de l'État	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
			Machine de Neustadt	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
			Machine de Mulhouse. Toutes deux en essai sur le rail-way du Nord	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
			Chauffage pour les machines de réserve	15 695.12	15 257.20	1 624.00	476	330.86	»	»	»	»	»	»	»	»	5 324.04
			Totaux	2 734 455.12	4 748 654.40	57 215.20	952	5 844.81	145 674.00	»	198 749.40	»	64 990.21	»	409 413.61	»	108 920.52

DU 1er NOVEMBRE 1841 AU 31 DÉCEMBRE 1842.

N°	Noms	Charbon	Coke	Tourbeaux	Bois	Convois de voyageurs: Nombre de kilomètres parcourus	Voyageurs, combustible consommé par kilomètre: Charbon et coke réduit en coke	Voyageurs: Bois	Convois mixtes et de marchandises: Nombre de kilomètres parcourus	Mixtes, combustible consommé par kilomètre: Charbon et coke réduit en coke	Mixtes: Bois	Convois d'essai et spéciaux: Nombre de kilomètres parcourus	Essai: Consommation de combustible par kilomètre	Totaux des kilomètres parcourus	Frais de réparation
		kilog	kilog.	kilog.	stères	kilom	kilog.	stères	kilom.	kilog.	stères	kilom	Coke, kilog.	kilom	fr.
1	Austria	1 904.00	392.00	»	5.31	*51.58	»	»	»	»	»	*66.95	»	118.53	208.83
2	Baltimore	»	»	1 036.00	2 749.11	*366.40	»	»	24 026.76	»	0.1085	*311.78	»	24 704.94	2 292.63
3	Virginia	449 506.40	127 260.00	»	220.15	4 516.48	24.76	»	18 004.01	27.56	»	601.95	35.38	23 152.47	5 283.25
4	Atlas	616.00	16 268.00	2 128.00	454.11	4 668.42	16.44	0.0840	1 341.20	16.44	0.0840	*200.65	»	6 210.27	6 561.08
5	Phœnix	107 898.00	224 968.80	»	1 045.29	10 018.26	19.24	0.0875	14 316.11	21.45	0.0945	1 354.29	17.76	25 688.66	8 260.20
6	Meteor	30 010.40	220 617.60	»	654.29	22 378.70	15.99	0.0805	*134.27	»	»	1 128.61	15.92	23 641.58	7 683.29
7	Bucephalus	7 308.00	3 987.20	»	14.87	*51.58	»	»	*165.00	»	»	384.04	18.72	600.62	4 234.70
8	Bruna	5 919.20	27 339.20	»	381.86	3 655.69	18.94	0.0735	1 573.34	18.94	0.0840	1 990.00	12.82	7 219.03	1 262.53
9	Columbus	259 448.00	2 016.00	224.00	312.37	*120.43	»	»	12 800.43	21.37	»	1 040.42	20.05	13 961.28	5 001.20
10	Herkules	»	»	»	145.77	»	»	»	1 586.04	»	0.0875	*45.90	»	1 631.94	13 759.87
11	Florida	374 908.80	2 240.00	8 960.00	1 187.45	*66.76	»	»	18 658.72	23.58	0.0875	951.28	21.17	19 676.76	3 398.38
12	Jupiter	»	»	»	780.51	7 763.31	»	0.091	731.10	»	0.1330	*6.45	»	8 501.06	4 078.42
13	Merkur	40 572.00	31 511.20	»	68.43	»	»	»	2 780.46	20.27	»	1 486.29	15.90	4 266.75	1 418.33
14	Moravia	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
15	Nordstern	324 424.80	110 348.00	4 144.00	315.35	636.27	21.00	»	17 725.45	25.06	»	*227.39	»	18 589.11	3 302.63
16	Rakete	»	»	»	320.24	2 166.56	»	0.084	1 444.37	»	0.1945	*17.83	»	3 628.76	11 6[illegible]
17	Saturn	17 444.00	77 529.60	»	62.90	*51.58	»	»	»	»	»	7 553.57	13.59	7 605.15	1 728.92
18	Vindobona	8 758.40	44 245.60	»	229.71	3 914.00	16.73	0.0875	1 134.87	16.73	0.0875	613.90	14.89	5 662.77	2 830.58
19	Vulkan	»	»	»	919.91	»			9 367.57	»	0.0945	*160.63	»	9 528.20	4 173.04
20	Vesta	2 464.00	12 096.00	784.00	1 981.14	13 464.39	16.58	0.0805	9 836.96	16.58	0.0875	*211.84	»	23 513.19	5 012.00
21	Patria	2 480.80	58 223.20	»	960.71	11 317.82	20.78	0.0665	1 232.79	20.78	0.0630	1 151.74	Bois stères 0.063	16 752.35	7 840.67
22	New-York	601 613.60	4 536.00	672.00	249.69	1 960.22	25.87	»	18 262.16	30.95	»	585.07	kilog 33.39	20 807.45	3 288.04
23	Minotaurus	35 562.80	1 388.80	10 948.00	2 569.13	»	»	»	20 284.77	33.83	0.1400	*118.11	»	20 403.11	9 416.37
24	Adler	402 192.00	247 786.00	»	233.96	21 688.75	20.64	»	9 171.47	24.32	»	*281.06	»	31 141.28	3 661.79
25	Pfeil	54 891.20	248 376.80	»	1 055.70	21 998.64	18.43	0.091	2 848.16	20.86	»	2 030.39	17.69	26 877.19	7 286.46
26	Ajax	80 898.40	47 252.80	12 320.00	2 692.16	*212.70	»	»	23 726.73	29.48	0.1330	291.15	22.40	21 233.67	5 567.50
27	Concordia	164 920.00	238 128.80	»	221.21	20 689.10	16.80	»	240.86	»	»	504.28	22.18	21 434.24	4 055.62
28	Magnet	31 640.00	102 608.80	»	62.47	7 652.19	17.98	»	*120.43	»	»	*69.98	»	7 842.60	2 006.96
29	Samson	301 985.60	69 988.80	336.00	231.84	»	»	»	17 344.82	22.18	»	*389.35	»	17 734.17	3 796.20
30	Gigant	88 536.00	88 575.20	»	84.15	3 612.83	18.43	»	5 443.71	22.11	»	*105.06	»	9 161.60	1 531.12
31	Titan	15 114.40	90 865.60	»	592.87	11 754.13	17.47	0.077	1 077.40	19.46	»	462.55	21.74	13 294.08	4 467.33
32	Pluto	101 850.00	501 558.40	»	230.35	39 315.77	16.06	»	*416.85	»	»	*225.30	»	39 957.92	2 877.63
33	Olmucia	40 146.40	248 932.40	»	766.06	17 263.08	17.32	0.063	6 363.52	20.27	0.0665	1 556.46	14.71	25 183.06	2 836.56
34	Komet	17 645.60	112 476.00	»	1 278.83	12 192.98	18.06	0.070	1 861.60	18.06	0.0700	2 624.00	16.73	16 678.58	4 153.08
35	Theseus	457 912.00	206 847.20	112.00	219.94	*271.39	»	»	26 772.32	24.32	»	344.40	21.59	27 388.11	3 179.20
36	Centaur	284 502.40	227 746.40	»	138.55	*588.88	»	»	13 518.44	23.43	»	*249.20	»	14 356.52	4 098.73
37	Planet	1 848.00	6 692.00	»	1 708.08	14 817.16	15.26	0.077	6 948.40	»	0.0875	*43.24	»	21 808.80	2 093.54
38	Delphin	127 286.00	129 388.00	»	164.69	17 090.69	13.85	»	1 540.15	19.38	»	*174.10	»	18 804.94	579.66
39	Blitz	76 025.60	159 877.20	»	518.08	17 072.48	16.21	0.0805	2 069.46	23.07	»	*234.79	»	19 376.73	1 247.90
40	Neptun	94 931.20	257 140.80	»	122.19	22 483.20	15.18	»	981.06	18.50	»	*253.37	»	23 717.63	1 349.40
41	Cyclop	»	»	»	650.89	*82.50	»	»	6 769.18	»	0.0910	*84.77	»	6 936.45	1 376.25
42	[illegible]	1 176.20	3 584.00	»	1 387.84	*247.51	»	»	15 266.63	»	0.0875	*186.24	»	15 700.38	1 910.25
43	[illegible]	»	»	»	170.85	*165.00	»	»	1 192.90	»	0.1225	*78.14	»	1 436.04	»
44	Elephant	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
45	Danube	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
46	Oder	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
	Machine de Neustadt	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
	Machine de l'État	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
	Machine de Neustadt	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
	Machine de Mulhouse	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
	Chauffage pour les machines de réserve	9 139.20	5 541.75	224.00	547.19	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1 796.58
	Totaux	4 623 581.20	3 948 314.16	41 888.00	28 706.20	319 397.72	»	»	319 130.50	»	»	30 209.75	»	668 927.97	175 577.37

DU 1er JANVIER 1843 AU 31 DÉCEMBRE 1843.

N°	Noms	Charbon	Coke	Tourbe	Bois Dur	Bois Blanc	Convois de voyageurs: Nombre de kilomètres parcourus	Voyageurs, consommation de combustible par kilomètre: Charbon et coke réduit en coke	Voyageurs: Bois	Convois mixtes et de marchandises: Nombre de kilomètres parcourus	Mixtes, consommation par kilomètre: Charbon et coke réduit en coke	Mixtes: Bois	Convois d'essai et spéciaux: Nombre de kilomètres parcourus	Totaux des kilomètres parcourus	Frais de réparation
		kilog	kilog	kilog	stères	stères	kilom	kilog	stères	kilom	kilog	stères	kilom.	kilom.	fr.
1	Austria	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	123.29
2	Baltimore	»	»	»	1 665.79	1 191.49	»	»	»	22 147.14	»	0.1260	11.57	22 158.71	1 555.54
3	Virginia	123 256.00	1 064.00	»	470.50	1 039.76	1 972.74	»	0.1190	16 265.33	24.03	0.1085	39.64	18 277.71	2 848.83
4	Atlas	»	»	»	223.76	1 100.96	10 059.04	»	0.0770	5 425.51	»	0.0945	17.83	15 502.38	6 759.13
5	Phœnix	»	»	»	665.34	1 207.43	15 478.47	»	0.0945	2 926.11	»	0.1225	354.46	18 759.04	2 439.58
6	Meteor	»	»	»	690.10	1 378.49	15 664.52	»	0.0840	381.57	»	0.0910	326.77	16 372.86	4 770.50
7	Bucephalus	»	»	50 400.00	146.20	652.80	5 020.98	»	0.0840	3 011.68	»	0.1155	154.15	8 186.81	1 973.54
8	Bruna	»	»	»	192.74	399.29	8 201.98	»	0.0700	*75.86	»	»	29.58	8 307.42	8 683.71
9	Columbus	112.00	»	»	401.84	145.99	»	»	»	5 983.84	»	0.0875	62.39	6 046.23	780.67
10	Herkules	»	»	»	1 096.93	1 313.25	*397.32	»	»	26 818.60	»	0.0840	219.61	27 435.53	1 105.75
11	Florida	»	»	»	981.11	1 052.09	707.58	»	0.0805	20 610.40	»	0.0910	474.31	21 792.29	1 439.50
12	Jupiter	»	»	»	534.01	368.26	6 589.01	»	0.0385	3 781.24	»	0.1050	143.94	10 514.19	680.17
13	Merkur	»	»	»	90.31	151.30	424.82	»	0.0910	1 790.86	»	0.1085	8.91	2 224.59	674.00
14	Moravia	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	313.67
15	Nordstern	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	10 805.00
16	Rakete	»	»	50 400.00	291.55	1 584.61	14 137.08	»	0.0770	8 004.56	»	0.0945	»	22 141.64	2 128.67
17	Saturn	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	2 781.04
18	Vindobona	»	»	»	129.41	215.26	3 207.36		0.0630	1 532.56	»	0.0840	57.08	4 797.00	3 325.67
19	Vulkan	112.00	»	»	691.90	230.35	»	»		8 011.01		0.1150	»	8 011.04	5 624.25
20	Vesta	»	»	»	727.81	1 420.56	5 295.22	»	0.0840	16 519.46	»	0.0980	307.99	22 122.67	1 838.29
21	Patria	»	»	»	154.91	500.23	8 712.90	»	0.0735	112.27	»	»	8.91	8 834.08	7 416.83
22	New-York	235 256.00	1 400.00	»	11.26	1 616.70	7 957.90	32.94	0.1435	9 101.50	29.48	0.1505	82.50	17 141.90	3 109.42
23	Minotaurus	27 302.80	»	»	1 276.28	2 436.31	»	»	»	24 681.05	26.02	0.1540	63.72	24 744.77	5 028.50
24	Adler		»	»	»	448.59	2 157.08	»	0.0980	2 225.92	»	0.1050	30.34	4 113.34	3 903.37
25	Pfeil	»	»	»	204.43	2 249.31	9 267.25	»	0.1155	11 856.92	»	0.1155	285.04	21 409.21	2 017.33
26	Ajax		»	»	1 391.24	2 308.81	»	»	»	22 649.52	»	0.1575	95.01	22 744.53	5 530.92
27	Concordia	»	»	»	1 071.43	584.80	19 769.87	»	0.0770	»	»	»	111.13	19 881.00	1 801.42
28	Magnet	»	»	»	89.89	64.60	1 375.72	»	0.0910	*180.74	»	»	74.34	1 630.80	13 292.25
29	Samson	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	0 667.45
30	Gigant	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1 251.79
31	Titan	»	»	»	661.93	1 321.11	25 795.81	»	0.0735	618.83	»	0.0910	395.04	26 809.68	2 399.42
32	Pluto	66 976.00	216 120.00	»	361.88	605.84	33 304.63	14.22	0.0700	1 000.40	»	0.0735	288.64	34 593.67	2 261.47
33	Olmucia	55 440.00	200 732.00	»	154.91	514.68	11 329.12	17.69	0.0770	9 265.16	18.65	0.0945	237.06	20 831.34	2 039.13
34	Komet	»	»	»	346.80	1 486.23	24 399.42	»	0.0735	*180.55	»	»	8.91	24 588.88	2 492.29
35	Theseus	247 240.00	106 481.00	»	833.85	1 127.53	*38.12	»	»	28 472.15	30.78	0.1155	30.34	28 540.61	3 470.75
36	Centaur	137 032.00	47 938.00	»	1.06	31.88	»	»	»	6 002.42	30.43	»	»	6 002.42	4 497.87
37	Planet	»	»	»	354.29	1 566.55	14 728.22	»	0.0735	8 0[illegible]0.47	»	0.1995	17.82	22 8[illegible]6.51	2 511.00
38	Delphin	112.00	»	»	1 044.86	685.31	13 394.03	»	0.0700	2 193.87	»	0.0910	212.21	15 800.11	1 765.53
39	Blitz	64 792.00	82 796.00	»	112.20	305.57	6 337.91	15.84	0.0840	6 0[illegible]7.66	22.33	0.0980	»	12 405.57	3 589.71
40	Neptun	116 480.00	81 144.00	»	502.98	842.98	23 501.24	16.07	0.0735	4 933.74	23.29	0.0910	120.05	28 555.03	4 791.21
41	Cyclop	»	»	»	1 185.11	2 159.00	*112.27	»	»	31 329.23	»	0.1050	»	31 441.50	3 291.75
42	[illegible]	»	»	»	1 189.15	1 181.07	453.64	»	0.0805	24 851.93	»	0.0945	158.73	25 464.30	2 075.46
43	[illegible]	»	»	»	151.73	414.80	*22.38	»	»	4 304.35	»	0.1295	17.82	4 343.55	824.50
44	Elephant	»	»	»	82.88	160.01	3 186.50	»	0.0560	491.97	»	0.0280	44.50	3 726.05	»
45	Danube	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
46	Oder	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
	Machine de Neustadt	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
	Machine de l'État	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
	Machine de Neustadt	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
	Machine de Mulhouse	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
	Chauffage pour les machines de réserve	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	599.83
	Totaux	1 074 110.80	767 676.00	100 800.00	20 162.44	36 063.80	293 000.13	»	»	341 904.13	»	»	4 487.40	649 391.90	141 319.70

DU 1er JANVIER 1844 AU 31 DÉCEMBRE 1844.

N°	Noms	Coke	Bois Dur	Bois Blanc	Convois de voyageurs: Nombre de kilomètres parcourus	Voyageurs: Consommation de bois par kilomètre	Convois mixtes et de marchandises: Nombre de kilomètres parcourus	Mixtes: Consommation de bois par kilomètre	Convois d'essai et spéciaux: Nombre de kilomètres parcourus	Totaux des kilomètres parcourus	Frais de réparation
		kilog	stères	stères	kilom	stères	kilom	stères	kilom.	kilom.	fr
1	Austria	»	9.9	13.5	»	»	»	»	185	185	929
2	Baltimore	»	1 201.0	1 003.0	885	0.093	18 280	0.1135	547	19 712	3 304
3	Virginia	»	546.0	835.0	1 751	0.1106	10 040	0.1106	188	11 979	3 624
4	Atlas	»	444.0	1 428.0	16 690	0.064	8 870	0.0845	456	26 016	1 499
5	Phœnix	»	806.0	536.0	21 610	0.0552	1 248	0.1018	215	23 073	4 812
6	Meteor	»	595.0	249.2	16 350	0.0462	594	0.064	358	17 302	[illegible]
7	Bucephalus	»	721.0	581.0	2 350	0.0755	11 250	0.099	44	13 644	2 059
8	Bruna	»	542.0	703.0	17 950	0.064	777	0.0902	357	19 084	1 362
9	Columbus	»	537.5	312.5	143	* »	10 120	0.0845	122	10 385	6 791
10	Herkules	»	1 082.0	1 462.0	60	* »	29 150	0.0873	23	29 233	3 169
11	Florida	»	1 170.0	950.0	1 243	0.0874	22 400	0.0874	364	24 007	[illegible]
12	Jupiter	»	»	»	»	»	»	»	»	»	2 264
13	Merkur	»	411.0	411.0	1 255	0.0669	11 490	0.0874	342	13 087	1 015
14	Moravia	»	»	1.4	»	»	»	»	8	8	442
15	Nordstern	»	896.0	848.0	6 310	0.0727	12 580	[illegible]	333	19 223	3 971
16	Rakete	»	310.0	785.0	11 850	0.0665	[illegible]180	0.0845	[illegible]	15 408	1 364
17	Saturn	»	»	»	»	»	»	»	»	»	[illegible]
18	Vindobona	»	660.0	417.0	1 210	0.0465	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
19	Vulkan	»	536.0	1 063.0	292	* »	[illegible]	[illegible]	76	18 048	[illegible]
20	Vesta	»	358.0	269.0	4 400	0.0727	4 940	0.0989	121	9 461	[illegible]
21	Patria	»	452.5	1 216.0	15 500	»	8 540	0.0786	198	24 235	1 317
22	New-York	»	286.0	1 760.0	6 750	0.1192	10 140	0.1192	121	17 011	2 652
23	Minotaurus	»	1 584.0	1 551.0	116	* »	23 860	0.1310	130	24 106	8 677
24	Adler	»	400.0	2 270.0	14 000	0.0545	17 850	0.0545	218	32 068	1 574
25	Pfeil	»	100.5	302.0	2 025	0.0874	2 084	0.0989	209	4 318	[illegible]
26	Ajax	»	1 615.0	1 461.0	»	»	24 300	0.1250	213	24 513	[illegible]
27	Concordia	»	133.0	144.6	2 920	0.0815	227	* »	72	3 219	[illegible]
28	Magnet	»	261.0	312.0	1 806	0.0698	4 540	0.096	99	6 445	1 013
29	Samson	»	884.0	508.0	702	* »	18 430	0.0728	19	19 151	3 360
30	Gigant	»	»	»	»	»	»	»	»	»	789
31	Titan	»	814.0	352.0	21 910	0.0495	432	0.0669	261	22 603	[illegible]
32	Pluto	»	553.0	428.0	15 200	0.0552	1 518	0.0698	84	16 802	4 362
33	Olmucia	»	278.0	1 131.0	18 660	0.0582	3 100	0.0874	371	22 131	2 904
34	Komet	»	353.0	1 190.0	24 050	0.0611	325	* »	136	24 511	2 274
35	Theseus	»	742.0	369.0	167	* »	10 220	0.1047	128	10 515	[illegible]
36	Centaur	»	1 275.0	1 081.0	30	* »	20 650	0.1105	87	20 767	3 280
37	Planet	56.5	680.0	471.0	1 300	0.0582	11 770	0.0874	286	[illegible]	[illegible]
38	Delphin	»	611.0	1 085.0	19 950	0.0693	3 400	0.0815	155	[illegible]	[illegible]
39	Blitz	»	962.0	764.0	13 170	0.064	11 000	0.0736	244	[illegible]	[illegible]
40	Neptun	»	1 502.0	1 020.0	33 400	0.1611	3 060	0.0727	188	[illegible]	[illegible]
41	Cyclop	»	1 295.0	866.0	7 600	0.0815	26 430	0.0786	285	[illegible]	[illegible]
42	[illegible]	»	1 561.0	1 205.0	198	* »	34 150	[illegible]	150	[illegible]	4 393
43	[illegible]	»	852.0	391.0	»	»	8 070	0.1512	151	[illegible]	3 791
44	Elephant	»	800.0	438.0	»	»	8 100	0.1484	140	[illegible]	[illegible]
45	Danube	»	536.0	229.5	67	* »	4 250	0.1745	77	[illegible]	[illegible]
46	Oder	»	402.0	209.0	»	»	3 130	0.1920	70	3 200	[illegible]
	Machine de Neustadt	»	815.0	583.0	60	* »	12 630	0.1177	89	[illegible]	[illegible]
	Machine de l'État	»	22.7	14.2	»	»	160	* »	68	[illegible]	»
	Machine de Neustadt	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
	Machine de Mulhouse	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
	Chauffage pour les machines de réserve	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
	Totaux	56.5	40 398.1	43 210.9	505 950	»	448 595	»	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Pour les divers petits parcours marqués d'un astérisque *, on n'a pas marqué, à cause de la petitesse du parcours, le combustible moyen employé par kilomètre, comme en 1841 et 1844 pour les convois d'essai et spéciaux.

logrammes de coke déjà allumé une fois, retiré du foyer des locomotives éteintes et qui n'entre pas en ligne de compte pour la dépense, 57 960 kilogrammes de tourteaux, et 67 400 stères de bois, moitié blanc, moitié dur; la dépense relative à ce combustible a été de 345 523 francs, et celle pour le chauffage des bâtiments et des forges, de 14 176 fr. On a ainsi dépensé 0fr.459 en combustible par kilomètre; il y a donc eu une économie notable sur les années précédentes. En admettant que 100 kilogrammes de coke équivalent à 0st.641 de bois, on trouvera par kilomètre parcouru, 0st.085 de bois en 1844 et 0st.1027 en 1843 : le stère était payé 4fr.02 en 1844. (*Voir* le tableau ci-contre.)

2° Pour la conduite et l'entretien des locomotives on a fait les dépenses suivantes :

	fr.
Salaire pour l'administration des ateliers de machines. . . .	19 801.5
Id. les conducteurs de locomotives	53 843.0
Id. les chauffeurs, nettoyeurs, gardiens de tenders.	70 169.0
Id. le nettoyage, le déplacement des voitures et mains-d'œuvre diverses.	40 531.0
Id. Pomper l'eau.	30 371.5
Pour 13 935 kilogrammes d'huile d'olive, 6 978 kilogrammes de graisse de voiture, 6 568 kilogrammes de suif, 146 kilogrammes d'huile de pied de bœuf, 1 970 kilogrammes de savon, 19 958 kilogrammes d'étoupe et de chanvre. . . .	38 094.5
Indemnités, gratifications, dépenses diverses.	11 789.0
Réserve de 1/10 des prix d'achat pour l'entretien des locomotives et des voitures.	394 834.5
Total.	659 434.0

Ce qui fait 0fr.875 par kilomètre parcouru.

En réalité, sur la réserve pour l'entretien du matériel roulant on n'a dépensé :

Pour les locomotives,	que 153 404 fr.	342 429 fr.,
Pour les tenders,	que 12 975	
Pour les voitures,	que 176 050	

et l'on a ainsi remis en réserve 52 405fr.5.

Par kilomètre parcouru on a ainsi dépensé :

EN ENTRETIEN			EN GRAISSAGE	
des locomotives.	des tenders.	des voitures.	des locomotives.	des voitures.
fr. 0.2038	fr. 0.0172	fr. 0.2340	gramm. 18.5 d'huile d'olive.	gramm. 0.926 de graisse.

3° Les dépenses pour l'entretien du chemin ont été :

Entretien de la partie inférieure aux rails.	55 360 fr.
Id. de la voie de fer.	225 503
Id. des bâtiments.	56 456
Réserve pour la reconstruction du pont du Danube. . .	30 000
Assurances pour les bâtiments.	7 621
Total.	374 940

4° Enfin les frais d'administration se sont élevés :

Pour l'administration relative aux travaux à.	343 296 fr.
Id. à l'exploitation à.	285 540
Id. à la direction générale à.	75 790
Total.	704 626

En résumé, la dépense par kilomètre parcouru a été :

POUR le combustible.	POUR l'entretien du matériel roulant.	POUR l'entretien des travaux.	POUR l'administration.	EN TOTAL.
fr. 0.476	fr. 0.875	fr. 0.497	fr. 0.937	fr. 2.783

Il y a eu une économie notable sur les dépenses des années précédentes.

3° *Chemin de fer de Vienne à Prague et à Dresde.*

Les deux embranchements du chemin de fer du Nord de l'Empereur Ferdinand, sur Brunn et sur Olmutz, doivent être tous les deux prolongés pour se diriger sur Prague (*) : ces deux prolongements se réunissent à Trubau en Bohême.

La distance par Brunn, entre Vienne et Prague, est de 398^{km}.265 ; celle par Olmutz est de 460^{km}.849. Cette dernière direction présente trois souterrains. Les pentes ont jusqu'à 6^{mm}.667 ; près de Lukkau, il y en a ainsi une de 9 000 mètres de longueur continue : les courbes avec rayon de 380 à 475 mètres sont fréquentes, plusieurs même ne dépassent pas 285 mètres. Les dépenses d'Olmutz à Prague sont estimées à 43 898 187$^{fr.}$.50 sur 252 kilomètres, et celles de Brunn à Trubau à 22 478 760 francs sur 92 kilomètres.

Les travaux sont exécutés aux frais de l'état : on commença par la partie d'Olmutz à Trubau, qui fut partagée en deux lots, sur lesquels les entrepreneurs firent des rabais de 10 et 9 pour 100 sur les prix d'estimation.

La longueur de cette partie est de 90^{km}.273, et a été estimée ainsi :

	fr.
Terrassements.	1 359 225.00
Extraction des roches.	1 272 002.50
Ponts, passages, etc..	2 461 937.50
Travaux hydrauliques.	52 510.00
Total.	5 145 675 00

La seconde partie de Trubau à Prague a été adjugée pour 7 879 947$^{fr.}$.50 ; mais les dépenses ont dépassé sans doute 8 250 000 francs, à cause des difficultés de

(*) *Voir* l'article précité de M. Ducros, page 325.

terrain, du tunnel de Kotzen, et du grand viaduc entre Brod et Prague.

Dans ces estimations ne sont pas compris les bâtiments des stations, ni les maisons dépendantes.

La largeur du chemin est de $7^m.88$ en remblais et $7^m.57$ en déblais; les contre-fossés en déblais ont $2^m.84$ en gueule et $0^m.473$ de plafond, avec une profondeur de $0^m.947$. Les rampes des chemins qui traversent la voie à niveau, sont de $0^m.03$ à $0^m.06$, mais horizontales sur une longueur de $9^m.50$, à partir de chaque côté des rails. Les murs de soutenement contre les terres ont leur face intérieure verticale, une largeur de $0^m.947$ au sommet, qui est augmentée de $\frac{0^m.316h}{8}$ à la base, h étant la hauteur du mur. Presque tous les ponts sont voûtés en brique.

Le souterrain de Triebitz, qui sépare le versant de l'Elbe du versant du Danube, a 508 mètres de longueur, les travaux ont duré du 29 novembre 1842 au 2 juin 1845; il est voûté en maçonnerie de pierres en dessus et en dessous, et a exigé une dépense de 1 500 000 fr. Les travaux furent faits au moyen des deux entrées et de cinq puits espacés de 76 mètres en 76 mètres : nous donnons ici les détails de construction de ce tunnel, qui a offert de grandes difficultés à cause du terrain mouvant qu'il a eu à traverser, Pl. 92.

Le tunnel de Kotzen, creusé dans le rocher, a 241 mètres de longueur.

En tout on a remué 9 450 000 mètres cubes de terres, exploité 1 125 000 mètres cubes de rochers, fait 239 000 mètres cubes de maçonnerie avec mortier et 88 800 mètres cubes de maçonnerie sèche.

Les rails sont assujettis par des coins en fer dans des coussinets en fonte qui reposent sur des traversines; ils pèsent de $20^{kg}.4$ à $21^{kg}.3$ par mètre : pour neutraliser la force centrifuge dans les courbes, on a exhaussé de $0^m.068$

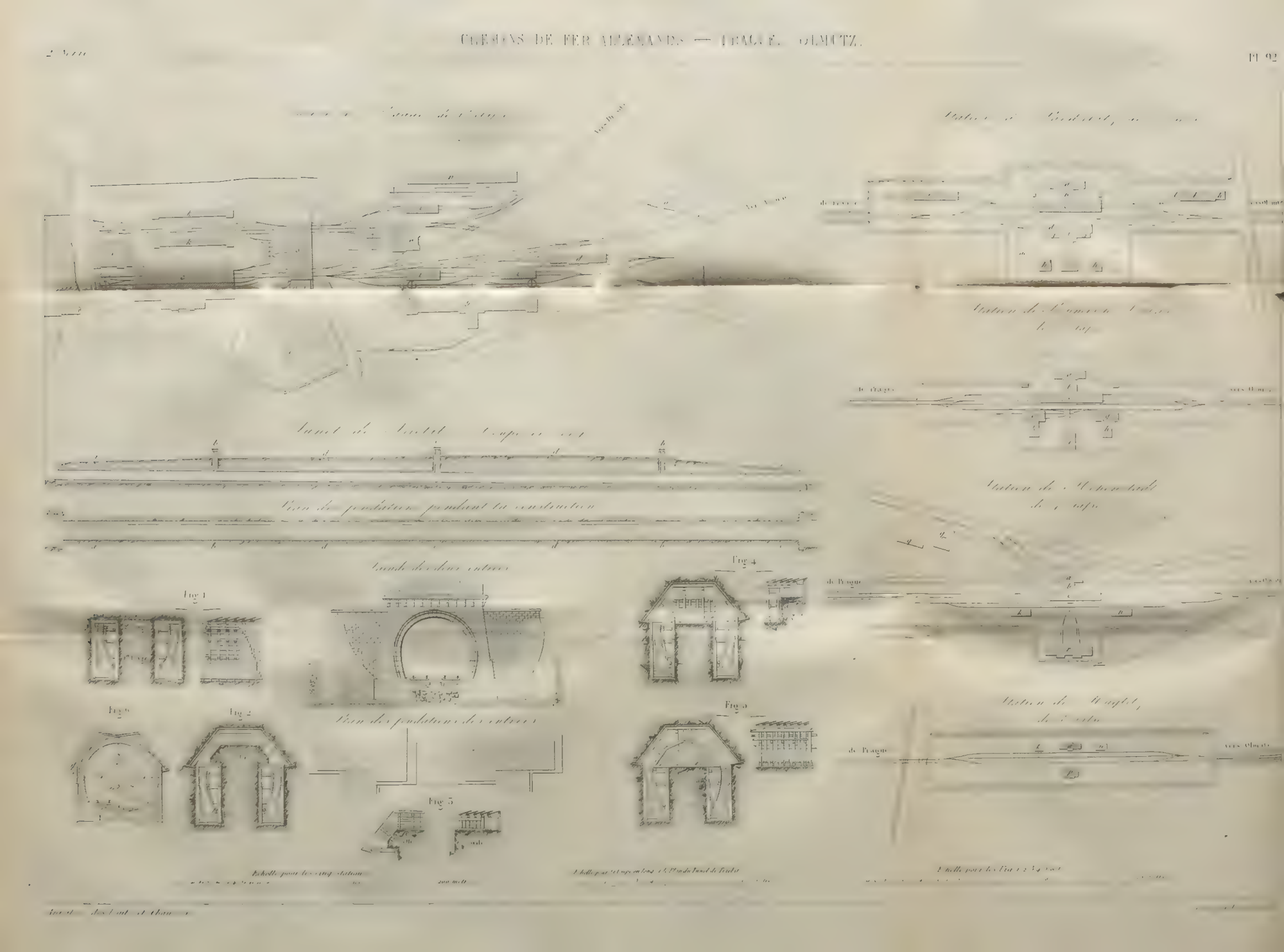
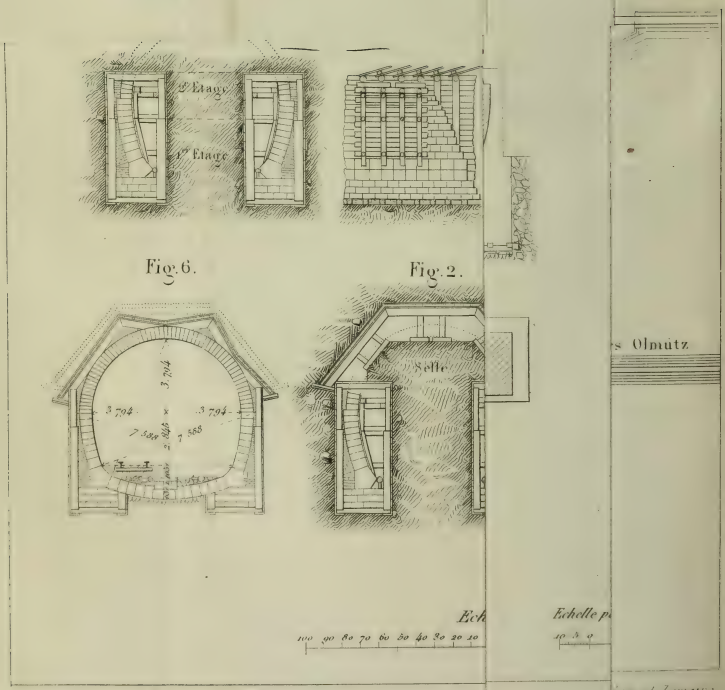


Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3
Fig. 4
Fig. 5
de Prague
vers Olmutz

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY of ILLINOIS



pour un rayon de 158 mètres et de $0^{m}.0077$ pour un rayon de 1 580 mètres, les rails concaves par rapport à l'axe de de la voie; on a de même élargi la voie de $4^{mm}.4$ à $8^{mm}.8$, lorsque les rayons étaient plus petits que 630 mètres.

Les courbes de changements de voie ont de 114 mètres à 1 897 mètres de rayon suivant que leurs longueurs varient de $44^{m}.5$ à 58 mètres.

La station de Prague, Pl. 92, est la plus importante, son emplacement seul qui est de 1 080 ares, sur une longueur de 625 mètres, a coûté 1 250 000 fr., et la ville y a contribué pour 250 000 fr.

Il y a sur toute la ligne 213 maisons de gardes. Cette ligne doit être pourvue de 48 locomotives de la force de 60 à 40 chevaux, installées pour brûler du bois et du charbon, à expansion variable. Les voitures à huit roues sont à 48 places pour la 1re et la 2e classe, et à 64 places pour la 3e classe.

La partie d'Olmutz, jusqu'à la première station en Bohême, à Landskron, a été essayée le 12 février 1845; au retour, la longueur de $65^{km}.5$ a été parcourue en deux heures et demie. La deuxième partie, de Landskron à Pardubitz, a été essayée en mai 1845, et la ligne totale jusqu'à Prague, en août. L'exploitation de tout le chemin d'Olmutz à Prague a été affermée pour cinq ans à la compagnie du Nord, qui prend à sa charge le bon entretien du chemin, du matériel d'exploitation qui lui a été livré, des matériaux approvisionnés pour recharger les rails, ainsi que du mobilier et des outils des ateliers, stations et maisons de gardes; pour les soins donnés au matériel elle reçoit 3 pour 100 de la recette brute qui est faite par les agents du gouvernement autrichien; pour les dépenses en régie, relatives aux ouvrages d'art et à l'exploitation, elle reçoit annuellement pour chaque kilomètre 1 810 francs; pour l'entretien du chemin, de la voie, des stations et des maisons de gardes, elle reçoit annuel-

lement et par kilomètre 938 francs ; pour l'entretien d'une seconde voie de même 165 francs ; pour le salaire des employés et leur premier habillement, ainsi que pour autres menues dépenses, 328 francs ;

	fr.
Par kilomètre parcouru avec des convois de voyageurs.	1.84
Id. avec convois de marchandises par les locomotives de 2e catégorie.	2.37
Id. de 3e catégorie.	2.47
Id. avec convois mixtes suivant la vitesse.	2.11 2.37 2.47
Pour une locomotive de renfort en moyenne pour tout l'espace qu'elle aide à franchir.	11.20
Par kilomètre de longueur et par jour pour le temps employé par la compagnie à organiser le personnel, à s'installer et à entretenir le chemin, jusqu'au moment de l'exploitation.	9.55
En sus, par kilomètre parcouru pour essai de locomotives, voitures.	1.81
Pour chaque kilomètre parcouru en moins que le nombre fixé par le règlement.	0.77
Supplément par kilomètre parcouru pendant la nuit.	0.36
Par kilomètre parcouru avec la charrue à neige.	1.87
S'il faut plus d'une locomotive avec la charrue à neige, par chaque machine on paye.	1.58
Par kilomètre parcouru pour un voyage de secours en cas extraordinaire.	1.88

De plus, on donne un capital non sujet au payement de l'intérêt, de 3 285 fr. par kilomètre de longueur, comme fonds de réserve et capital d'exploitation.

Le tarif pour les trois classes de voyageurs est de 9c.88, 6c.59 et 4c.38 ; et par 100 kilogrammes de marchandises accélérées ou d'excédant de bagage 4c.58 ; les équipages payent 26c.3, 32c.9, 39c.5 et 46c.0, suivant la classe ; pour un cheval on paye 26c.3, pour deux 32c.9, pour trois 39c.5, et pour chaque cheval 16c.45 lorsque le nombre est de trois.

Par suite de l'ouverture de cette ligne, la compagnie du chemin du Nord a été obligée d'agrandir les bâtiments à Vienne, à Lundenbourg et à Prerau. On a ajouté à la station de Vienne deux grands magasins pour les marchandises. On a ménagé aussi dans cette station les moyens de la mettre en communication avec la ligne du

Sud, au moyen d'un chemin exploité par des chevaux.

Les travaux sont aussi poussés avec une grande activite sur la seconde direction de Brunn à Trubau, et doivent être achevés tout à fait en 1847; ils étonnent par la hardiesse avec laquelle ils serpentent à travers les rochers; malgré l'emploi fréquent de rayons de 285 mètres à 380 mètres, sur une longueur de 21^{km}.06, il y a 10 tunnels, qui comprennent un développement de 1 710 mètres. Cette ligne raccourcira le voyage de deux heures de Vienne en Saxe.

L'Autriche, qui a toujours, dans des vues stratégiques, poursuivi son idée de grandes lignes réunissant Trieste et l'Italie au nord de l'Allemagne, a cherché à prolonger la ligne de Vienne à Prague jusqu'à Dresde (*).

Il y avait deux directions à prendre, l'une par le nord de la Bohême, par Zwittau, et l'autre par la vallée de la Moldau et par l'Elbe : toutes les deux offrent de grandes difficultés.

Cette dernière, de 83^{km}.446 plus courte et n'ayant que 166^{km}.892 de long, a été préférée.

Une convention ratifiée le 15 août 1842, entre la Saxe et l'Autriche, lie cette dernière puissance à prolonger le chemin de Prague jusqu'à la frontière saxonne, aux frais de l'état, et à mettre la main à l'œuvre au printemps de 1845 ou de 1846 au plus tard.

Les travaux entre Prague et les frontières saxonnes ont été commencés au printemps de 1845; le grand viaduc qui doit passer sur le faubourg de Carolinienthal et sur la Moldau sera un ouvrage d'art très-remarquable.

Les travaux d'art et de terrassement de la première partie, de Prague au village de Kralup, au confluent de la Zakola dans la Moldau, de 25^{km}.6 de long, ont été adjugés,

(*) *Voir* l'article précité, page 327, et, ci-après, page 397.

et se montent à 8 065 000 francs, dont 3 779 000 francs pour le grand viaduc, et 2 306 000 francs pour les terrassements et l'extraction des rochers : les travaux doivent être achevés en août 1848.

LÉGENDE DE LA PLANCHE 92.

Légende relative au tunnel de Triebitz.

a, puits d'entrée vers Prague.
b, puits de ventilation.
c, puits principal.
d, puits d'exploitation.
e, puits d'entrée vers Olmutz.

Fig. 1. Coupes en travers et en long indiquant le mode d'exécution des pieds-droits et le blindage employé pour les deux étages de construction.

Fig. 2. Coupe en travers indiquant le blindage employé pour soutenir le ciel de la galerie.

Fig. 3. Coupes en travers et en long indiquant le mode employé pour déblayer le ciel de la galerie.

Fig. 4. Coupes en travers et en long indiquant les étais employés pour soutenir le blindage du ciel, après l'enlèvement de la selle.

Fig. 5. Coupes en travers et en long indiquant le cintre préparé pour la construction de la voûte.

Fig. 6. Coupe en travers du tunnel après la construction, indiquant l'affaissement du blindage du ciel, qui se produisait ordinairement.

Légende relative aux cinq stations.

a, bâtiments de réception et d'entrée.
b, salles d'attente.
c, hangar des voyageurs.
d, remises de locomotives.
e, maison de chauffage.
f, machine à vapeur.
g, ateliers.
h, logements divers.
i, remises de voitures.
k, magasin de marchandises.
l, administration.
m, places réservées pour des bâtiments.
n, dépôt de combustibles.
o, bâtiments étrangers au chemin.
p, réservoirs d'eau.
q, restaurant.
r, bâtiments de manipulation.
s, porte de la ville de Prague servant de remise.

4° *Chemin de fer de Budweiss à Gmunden, par Linz.*

Ce chemin a été décrit par M. Lalanne dans le tome XVII des Annales, 1re série, page 55 (année 1839, 1er semestre), et par M. Ducros, dans le précédent volume, page 273. Il n'est rappelé ici que pour mémoire.

5° *Chemin de fer de Pilsen à Budweiss.*

A la fin de 1842 il s'est formé une compagnie pour la construction du chemin par Pilsen de Budweiss à Wranow (*), où il y a des houilles fort considérables, que ce chemin est destiné à exploiter; la longueur totale est de $197^{km}.236$. La dépense est évaluée à 9 177 500 francs, qui seront répartis entre 18 355 actions de 500 francs.

Le point culminant à Wranow est à $180^{km}.09$ de Budweiss, et à $80^{m}.66$ au-dessus de la station de Budweiss; à $153^{m}.657$ au-dessus de Pilsen, et à $17^{km}.90$ de cette ville; il y a sept viaducs projetés.

On compte sur un transport de 67 200 tonnes de houille entre Wranow et Budweiss, et de 11 200 tonnes de marchandises entre Pilsen et Budweiss : c'est 217 tonnes par jour; un waggon peut porter 3 360 kilog., ce qui nécessiterait 65 waggons par convoi; et comme on resterait quatre jours en route, il faudrait pour l'allée et le retour 8 convois, 2 en chargement aux points de départ et un en réparation, en tout 11 convois, ou 715 voitures à 750 francs chacune.

(*) *Voir* l'article de M. Ducros, page 283.

II. — Chemins de fer prussiens.

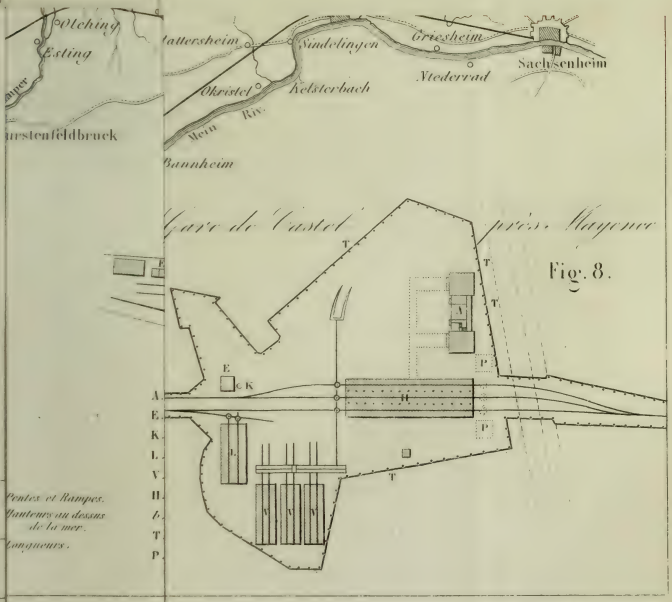
1° Chemin de fer de Berlin à Francfort; page 306.
2° Chemins de fer silésiens; page 313.
(1°) Chemin de la Basse-Silésie (Francfort-Breslau-Dresde); page 313.
(2°) Breslau-Oppeln-Neu-Berun; page 315.
(3°) Embranchement sur Glogau; page 318.
(4°) Embranchement de Breslau sur Freiburg et Schweidnitz; p. 318.
(5°) Chemin de fer dit de Guillaume, de Kosel à Oderberg; page 321.
(6°) Embranchement de Brieg sur Neisse; page 322.
3° Chemin de fer de Berlin à Stettin; pape 323.
4° Chemin de fer de Stettin à Stargard; page 327.
5° Chemin de fer de Berlin à Kœnigsberg; page 328.
6° Chemin de fer de Posen à Glogau; page 328
7° Chemin de fer de Berlin à Stralsund; page 329.
8° Chemin de fer de Berlin à Bergedorf sur Hambourg; page 329.
9° Chemin de fer de Berlin à Potsdam; page 330.
10° Chemin de fer de Berlin à Cœthen; page 336.
11° Chemin de fer de Magdebourg à Leipzig; page 346.
12° Chemin de fer de Magdebourg à Halberstadt et vers Brunswick; page 352.
13° Chemin de fer de la Thuringe ou de Halle à Gestungen; p. 355.
14° Chemin de fer de Dusseldorf à Elberfeld; page 357.
15° Chemin de fer de Bohwinkel à Steele; page 366.
16° Chemin de fer du Rhin au Weser; page 367.
17° Chemin de fer d'Elberfeld par Witten à Dortmund; page 368.
18° Chemin de fer de Munster à Hamm; page 369.
19° Chemin de fer de Cologne à Bonn; page 370.
20° Chemin de fer Rhénan; page 372.
21° Chemin de fer d'Amsterdam en Allemagne par Utrecht et Arnheim; page 382.

1° *Chemin de fer de Berlin à Francfort.*

Les estimations de ce chemin, Pl. 93, *fig.* 1 et 2, s'élevèrent à 9 990 000 francs, d'après le projet de M. Zimpel; c'est à la fin de 1841 que l'on mit la main à l'œuvre, et le 23 octobre 1842 toute la ligne fut livrée au public.

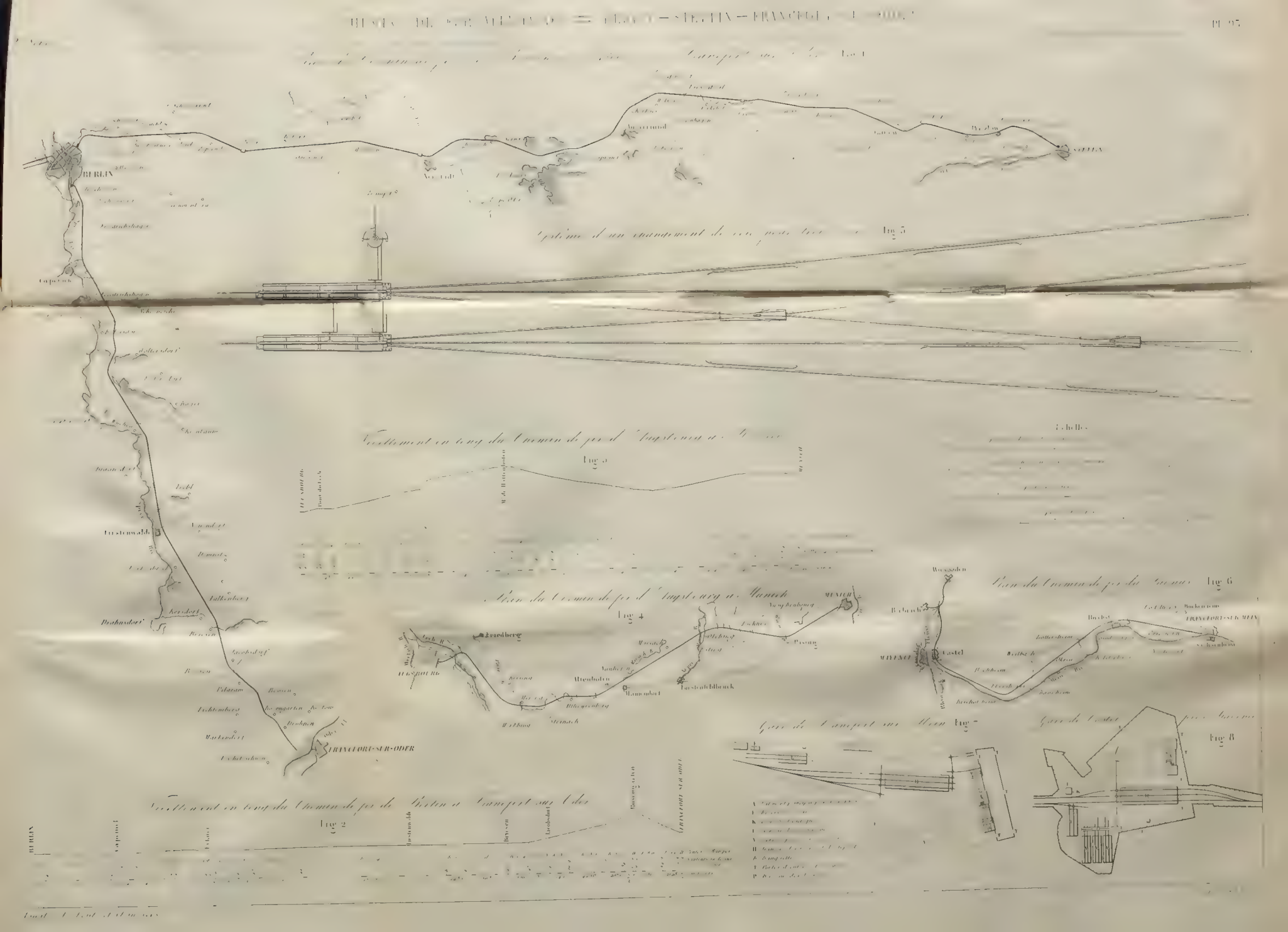
Sa longueur est de 81 236 mètres. Le capital social, qui est de 10 360 000 francs, a été formé par 22 000 actions primitives de 370 francs, et 6 000 actions privilégiées à 4 pour 100.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY of ILLINOIS



Annales

Gravé par Adam et Lemaître


BERLIN
Fig 5
Fig 4
Fig 6
Fig 7
Fig 8
Fig 2
Fürstenwalde
Drahnsdorf
FRANCFORT-SUR-ODER
Friedberg
Augsbourg
Altenhofen
Mannendorf
Fürstenfeldbruck
Pasing
MUNICH
Wiesbaden
Castel
MAYENCE
FRANCFORT-SUR-MEIN
Echelles

Hors le remblai près de Briesen, les terrassements n'offrent aucune importance. Ce remblai a 8 360 mètres de long, une hauteur moyenne de $1^{m}.57$ et maximum de $4^{m}.70$; il n'a été fait que pour une voie, tandis que tout le reste du chemin a une largeur de $7^{m}.55$ pour deux voies.

Le déblai le plus considérable a de 4 mètres à $9^{m}.13$ de profondeur, et se trouve au faîte de la chaîne qui sépare les bassins de la Sprée et de l'Oder; là le chemin se trouve à $61^{m}.50$ au-dessus de la mer, et à $50^{m}.30$ au-dessus de la gare de Berlin. Les talus sont à 1 1/2, avec des banquettes de $1^{m}.57$ en $1^{m}.57$. Il y a sur la ligne 106 huttes pour les gardes.

Les ponts de moins de $7^{m}.80$ d'ouverture sont entièrement en pierre, les autres ont des piles et culées en pierre et un tablier en bois : ils sont en général peu importants. Le plus long a 71 mètres, et a coûté 71 400 francs, il passe sur le lac de Flacken. Quatre routes passent sous le chemin avec des ouvertures de $3^{m}.78$ à $7^{m}.55$; deux autres passent par-dessus avec des ouvertures de $4^{m}.70$ et de 15 mètres. Des deux côtés du point culminant du chemin il y a des pentes de $8^{mm}.77$ sur 33 140 mètres, et de $8^{mm}.60$ sur 1 130 mètres, qui sont surmontées facilement par les locomotives toutes construites dans le système américain.

La station de Francfort est encore fort élevée au-dessus du fond de la vallée de l'Oder, tellement même que cela a été une difficulté pour le tracé du chemin vers Breslau par cette vallée.

Les courbes ont en général près de 1 900 mètres de rayon, et descendent à 1 055 mètres; seulement, dans la station de Berlin, il y a un rayon de 94 mètres, et même pour faire entrer les waggons dans les remises on a employé des courbes de $38^{m}.30$.

La voie est formée par des rails creux qui reposent en partie sur des longrines soutenues tous les $1^{m}.27$ par des traversines, et en partie sur des traversines seulement sans

longrines. Ces rails sont assujettis aux supports en bois au moyen de chevilles en fer qui se logent en forme de coin dans le creux des rails. Quatre espèces de rails ont été employés, savoir, dans les parties les plus roides de 25kg.60, dans la majeure partie de 23kg.10; dans les stations il y a des rails plats de 13kg.85, et dans l'intérieur des remises et hangars ces rails plats sont encore plus légers.

Les dépenses, jusqu'à la fin de février 1844, se sont élevées à :

Pour les indemnités de terrain à 62fr.80 l'are.	1 998 777 fr.
Les terrassements à 1fr.20 le mètre cube.	1 292 118
Ponts, passages et viaducs.	416 402
Travaux de fondations.	215 617
Construction de la voie (les rails ont coûté 1 442 271.10)	2 412 100
Moyens de s'éviter.	57 413
Barrières et passages à niveau.	86 798
Signaux, télégraphes.	26 729
Bornage.	3 922
Clôturage.	8 702
Stations de :	
Berlin.	904 898
Francfort.	269 774
Furstenwald.	65 771
Kopenick.	44 874
Erkner.	59 115
Briesen.	30 525
Hangelsberg.	12 950
Rosengarten.	14 656
Maisons des gardes.	75 336
Quinze locomotives.	747 552
Voitures, waggons, etc.	835 027
Plates-formes tournantes.	42 383
Administration, mobilier, dépenses diverses, etc. . . .	1 124 060
	10 745 499 fr.
Il faut retrancher pour terrain à revendre.	841 731
Dépense totale.	9 903 768 fr.

Une voiture de voyageurs à 8 roues a coûté.	15 400 fr.
Id. de marchandises à 8 roues, *id.*	7 940
Id. pour bestiaux, à 8 roues, *id.*	6 200
Id. pour chevaux, à 4 roues, *id.*	3 990
Une charrue à neige a coûté.	1 370

Il y a 15 locomotives qui viennent des ateliers de Norris

à Philadelphie, et sont installées pour le chauffage au bois.

5 pèsent 13 tonnes et ont un cylindre de.	0m.318
3 pèsent 11t.50 et ont un cylindre de.	0 293
7 pèsent 10 tonnes et ont un cylindre de.	0 267

Les 27 voitures de voyageurs devaient, dans le principe, être construites suivant le modèle américain, chacune avec 56 places pour les premières, et 104 places pour les secondes, avec deux portes seulement, comme celles du chemin de Glognitz; mais la catastrophe de Versailles y fit renoncer; on construisit des voitures avec six portières. Les 9 voitures de première classe sont à 64 places; les 15 voitures de deuxième classe sont de 60 à 72 places; les 3 voitures où l'on reste debout sont à 60 places. Il y a en outre 40 voitures pour 7.50 à 10 tonnes de marchandises, 6 pour du bétail, 4 pour des chevaux, 17 pour des équipages, et 4 pour les bagages.

Du 23 octobre 1842 au 31 décembre 1843, on a perçu :

Pour 282 689 voyageurs.	911 687 fr.
Excédant des bagages.	25 386
Pour 19 135 tonnes de marchandises ordinaires.	247 167
Pour 679 tonnes de marchandises accélérées.	21 049
Pour transport de bestiaux	25 826
Pour loyers, baux, etc.	11 511
Pour intérêts.	16 757
	1 259 383 fr.

Les dépenses correspondantes ont été pour :

Les salaires des employés du chemin.	82 991 fr.
L'entretien du chemin.	24 494
Id. des bâtiments et ponts.	5 010
Salaire des employés du transport.	158 271
Chauffage, graissage, etc.	147 264
Entretien et nettoyage des machines et voitures.	18 034
Entretien des ateliers, machines fixes, etc.	1 188
Éclairage général.	15 384
Chauffage des appartements, impressions, etc.	28 630
Administration générale.	62 360
	543 626 fr.
Intérêts à 5 p. 100 des actions primitives	407 000
Id. à 4 p. 100 des actions privilégiées.	88 800
Dépense totale. . . .	1 039 426 fr.

Recette nette.	219 958
On a distribué en sus p. 100 pour les actions primitives.	162 800
Et mis à la caisse des réserves.	57 158 fr.

	fr.
Frais d'exploitation par kilomètre utilement parcouru. .	2.125
Frais d'administration et d'exploitation par kilomètre utilement parcouru.	2.400
Dépense par kilomètre et par voyageur.	0.0237
Dépense par tonne et par kilomètre.	0.1220

Pour les voyageurs on a dépensé, non compris les intérêts payés.	337 684 fr.
Pour 638 équipages.	6 375
Pour les bestiaux et marchandises	199 570
	543 629 fr.

Les voyageurs ont parcouru en 1842.	1 893 534 kil.
Et en 1843.	11 942 719
En total. . . .	13 836 253
Les bestiaux et marchandises ont parcouru (la tonne). .	1 587 203

Un voyageur a coûté autant que 0t.195 de marchandises.	
En 1843, par kilomètre parcouru, on a dépensé pour l'entretien et la réparation des locomotives.	fr. 0.0302
Pour les salaires des conducteurs et chauffeurs.	0.0926
Pour les réparations pour chaque voiture de voyageur par kilomètre parcouru.	0.00850
Id. pour les voitures de marchandises et autres.	0.00604
En moyenne pour toutes les voitures.	0.00703
Quatre roues de voitures ont employé pour le graissage par kilomètre parcouru.	0.00168
Les locomotives pour les convois ont parcouru.	194 605 kil.
Pour aider des convois trop chargés.	11 019
Pour les transports des matériaux de construction du chemin.	12 550
Longueur totale parcourue par les locomotives.	218 174 kil.
Longueur parcourue pour l'exploitation.	205 624
Pour les voyageurs on a parcouru utilement.	118 570 kil.
Pour les marchandises.	76 035
	194 605 kil.

Les voitures ensemble ont parcouru 1 460 700^{km}.80.

	m.c.
Pour chaque kilomètre parcouru réellement on a brûlé en bois de pin.	0.0767
Pour chaque kilomètre parcouru utilement.	0.082

Pour le transport des voyageurs on a brûlé de $0^{st}.0553$ à $0^{st}.0834$, en moyenne $0^{st}.0733$.

Pour le transport des marchandises, de $0^{st}.0727$ à $0^{st}.116$, et en moyenne $0^{st}.0968$.

L'allumage et le chauffage des machines d'attente y est compris.

La dépense correspondante par kilomètre utilement parcouru est de $0^{fr}.5125$; le stère ou mètre cube de bois tout préparé, scié et transporté, coûte $6^{fr}.23$.

On a employé $0^{kg}.0379$ d'huile et de graisse par kilomètre réellement parcouru, pour les locomotives et les tenders, et on a dépensé $0^{fr}.0467$.

Le pompage de l'eau a coûté par kilomètre parcouru $0^{fr}.0196$.

A cause des fortes pentes de $8^{mm}.7$ qui sont entre Francfort et Briesen, on emploie les locomotives du plus fort poids, et souvent encore on a recours à des machines de secours.

En 1843, les machines de secours ont parcouru.	4 558 kil.
Et les dépenses correspondantes ont été pour le combustible de 315 stères de bois.	2 124 fr.
Pour graissage, eau et réparation des locomotives. . . .	429
Total des frais des machines de secours . .	2 553 fr.
Outre cela il faut compter que les locomotives d'une plus grande force ont consommé en plus que n'auraient fait les locomotives ordinaires, 269 stères de bois ou. . .	1 757
On a donc dépensé, en 1843.	4 310 fr.

de plus que si partout les pentes n'avaient pas dépassé $3^{mm}.33$. Mais quoique dans ce calcul on n'ait tenu compte ni de l'excédant du personnel et du matériel qui a aussi été nécessaire, néanmoins ces chiffres suffisent pour réfuter l'opinion qu'une grande dépense est nécessaire pour surmonter une pareille pente.

Les locomotives ont parcouru journellement 75 kilomètres pendant plusieurs mois de suite, sans avoir besoin de réparations : pendant 1843 on n'a eu aucun accident à déplorer.

En 1843 le nombre des voyageurs suivant les trois classes a été :

1re classe.	25 147 ou 10.15 p. 100
2me classe.	158 218 ou 64.00
Debout.	63 863 ou 25.85
	247 228

105 992 ont parcouru la ligne entière.

141 236 en ont parcouru une partie.

Chaque voyageur a en moyenne parcouru 48km.30, ce qui équivaut à un nombre de 150 128 voyageurs qui auraient parcouru la ligne entière.

	1842.	1843.
	tonn.	tonn.
Marchandises ayant parcouru toute la ligne. .	2 298.20	13 191.80
Id. *id.* une partie. . . .	536.10	3 788.20
	2 834.30	16 980.00

Au total, du 23 octobre 1842 au 31 décembre 1843, la quantité de tonnes transportées à un kilomètre, y compris les bestiaux, est de. 1 587 241

Le prix des places et le temps de parcours avec 23kg.30 de bagages est :

DE BERLIN à	Distances.	Temps du parcours.	Kilomètres à l'heure.	PRIX DES 1res.	PRIX DES 2es.	PRIX DES PLACES debout.
	kilom.	h. m.	kilom.	fr.	fr.	fr.
Kopenick. . .	11	18	36.6	1.83	0.915	0.488
Erkner. . . .	24	45	32.0	3.70	2.14	1.22
Furstenwald	48	1 28	32.6	6.40	4.57	2.74
Briesen. . . .	61	2 2	30.0	8.55	6.10	3.70
Francfort. . .	81	2 45	29.5	11.00	7.93	4.57

Le temps perdu en arrêt est de 25′ environ ; pour chaque 25 kilogrammes d'excédant de bagages, jusqu'à 250 kilogrammes, on paye 0fr.85. Les convois de marchandises parcourent le trajet en 3h.47′, dont 46′ sont comptées pour les arrêts, ce qui fait une vitesse moyenne de 21km.30.

Pour les marchandises accélérées on paye, de Berlin à

Furstenwald, 26$^{fr.}$.40 par tonne, et pour au delà 40$^{fr.}$.80.

Pour les marchandises ordinaires on paye, suivant leur nature, de 25$^{fr.}$.20 à 8$^{fr.}$.40, de Berlin à Furstenwald, et au delà 38$^{fr.}$.40 et 12 francs.

2° *Chemins de fer silésiens.*

1° Chemin de la Basse-Silésie, de Francfort à Breslau et de Breslau à Dresde.

De Breslau, le chemin silésien doit se prolonger d'une part jusqu'à Francfort sur Oder par Leignitz, Buntzlau, Kohlfurt, Halbau et Guben, et d'autre part jusqu'à Dresde par Kohlfurt, Gorlitz, Lobau, Bautzen et Radeberg. La concession date du 7 mai 1843, et on a commencé les travaux sur la partie commune de Breslau à Leignitz et à Kohlfurt point de bifurcation en août 1843; la longueur est de 133 kilomètres. Le chemin doit être à deux voies avec une largeur de 7^{m}.85. La partie de Breslau à Leignitz sur 65 kilomètres est achevée et a été livrée le 18 octobre 1844.

Sur la branche de Francfort on n'a commencé les travaux qu'en 1844, la longueur totale depuis Breslau doit avoir 274 kilomètres, sur laquelle il y a 128 kilomètres en rampe, 88 kilomètres en pente et 58 en palier; 216 kilomètres sont en ligne droite et 58 kilomètres en courbe; sur une petite longueur il y a des pentes de 5 millimètres, partout ailleurs elles ne dépassent pas 3^{mm}.3; le plus petit rayon est 1 130 mètres.

Le 18 septembre 1845, une commission royale a fait le premier essai entre Leignitz et Buntzlau, sur 44^{km}.5, et le 1er octobre on a fait l'inauguration.

Les rails sont dans le système Vignoles.

Les plus grands travaux de terrassement sont entre Sommerfeld et Sagan à Gassen; il y a là un remblai de 9^{m}.50 à 12^{m}.50 sur 4500 mètres de long.

Le capital constitutif de la compagnie a été porté à 29 550 000 francs ; le gouvernement prussien garantit un intérêt de 3.5 pour 100 et prend en outre 1/7 des actions.

Le gouvernement prussien s'est réservé l'administration du chemin dans le cas où pendant trois années consécutives, il aurait à payer un intérêt pour compléter le 3.5 pour 100 et de même si, pendant une année seulement, il avait à solder plus de 1 pour 100 ; la compagnie peut reprendre la gestion du chemin dans le cas où pendant trois années consécutives l'état aurait fait rapporter plus de 3.5 pour 100.

A la fin de 1846 la ligne entière de Breslau à Francfort sera achevée ; la continuation de la ligne de Kohlfurt vers la Saxe a été décrétée le 24 juillet 1843 et déjà on a mis la main à l'œuvre : sa longueur est de 181 kilomètres environ et est évaluée à 29 550 000 francs, sur laquelle la partie silésienne de Kohlfurt à Gorlitz de $28^{km}.4$ et de là à la frontière figure pour 7 400 000 francs dont les intérêts à 3.5 pour 100 sont garantis par la Prusse.

On n'a pas encore commencé les travaux au delà de Gorlitz pour la traversée des montagnes de Riesen : jusqu'à Gorlitz les pentes ne dépassent pas 5 millimètres et les rayons ne sont pas moindres que 1 030 mètres : il y a $16^{km}.3$ en rampe, $9^{km}.8$ en pente et $2^{km}.3$ en palier ; 20 kilomètres sont en ligne droite et $8^{km}.4$ en courbe.

C'est à Gorlitz que s'arrête la compagnie prussienne, au delà les travaux sont faits par la compagnie saxonne. (*Voir* ci-après, page 396.)

A Buntzlau il y a un remblai de 500 mètres de longueur, $23^{m}.50$ de hauteur, qui aboutit à un pont dans le genre des aqueducs romains de $172^{m}.50$ de longueur, qui est soutenu par 35 piles colossales, dont la plus grande a $26^{m}.75$ au-dessus de l'étiage de la Rober. A Gorlitz, pour franchir la vallée de la Reisse, il y a un viaduc de 31 arches de $18^{m}.80$ d'ouverture en granit, sa hauteur au-des-

sus de l'eau est de $37^{m}.70$ et les fondations descendent à $13^{m}.20$. On travaille jour et nuit à ces deux ouvrages.

2° Breslau-Oppeln-Neu-Berun.

Le chemin de la Haute-Silésie de Breslau à Oppeln doit être considéré comme la tête d'un chemin qui se prolonge jusqu'à Kosel, qui de là se bifurque, et dont une branche par Ratibor joindra le chemin du Nord de l'Empereur Ferdinand à Oderberg, et dont l'autre va se souder au même chemin sur la Vistule à Neu-Berun et Oswieczin.

Le chemin de Breslau a été livré jusqu'à Ohlau le 22 mai 1842, jusqu'à Brieg le 3 août suivant, et jusqu'à Oppeln le 29 mai 1843.

La partie ouverte jusqu'à Oppeln a 81 kilomètres de long et doit coûter 6 660 000 francs; elle avait été évaluée 5 430 000 francs; aux 14 297 actions primitives de 370 fr., on a ajouté 3 703 actions privilégiées à 4 pour 100.

Le prolongement de ce chemin par Kosel, Gleiwitz et Myslowitz jusqu'à Neu-Berun sur $132^{km}.4$ de long a été concédé à la compagnie le 11 août 1843, par le gouvernement prussien qui, sur 240 000 actions à 370 francs, en a pris 3 430 et a assuré un intérêt de 3.5 pour 100. Sur toute la partie d'Oppeln à Gleiwitz les travaux sont en pleine activité, et pourront être livrés à la fin de 1845 jusqu'à Myslowitz, à $18^{km}.8$ de Neu-Berun, où les travaux s'arrêtent provisoirement.

Le terrain entre Breslau et Oppeln a été très-facile, les pentes ne dépassent pas $3^{mm}.33$, et ce n'est que sur 1 050 mètres qu'elles y arrivent : entre Oppeln et Neu-Berun les pentes sont données par le tableau suivant.

PENTES ou rampes par mètre.	LONGUEUR des pentes.	LONGUEUR des rampes.
millim.	mèt.	mèt.
0.666	1 801	»
0.910	»	1 130
1.250	1 884	3 768
1.333	2 457	»
1.668	3 237	1 658
2.083	»	4 899
2.500	1 884	1 583
3.120	»	867
3.330	11 089	23 949
4.000	1 884	»
5.000	5 689	12 585
8.340	»	3 014
10.000	5 087	3 240
	35 012	56 693
	91 705	
Parties horizontales.	40 672	
Longueur totale. . .	132 377	

Les rayons de courbure ne sont pas inférieurs à 1 880 mètres, excepté à la sortie de la station d'Oppeln où il y a un rayon de 850 mètres.

La largeur des terrassements en crête n'est que de $4^{m}.72$ pour une voie, quoique les terrains aient été achetés pour deux ; entre Oppeln et Kosel le chemin est à 2 voies et a $8^{m}.15$ de largeur ; entre Breslau et Oppeln, le poids des rails est de $22^{kg}.1$ dans le système Vignoles, avec des traversines en chêne, au delà on a employé des rails de 25 kilogrammes.

Le pont projeté sur l'Oder, près d'Oppeln, doit avoir 12 travées de $12^{m}.50$ d'ouverture franchies par des fermes en fer, destinées à supporter 50 tonnes : mais à l'épreuve elles se rompirent sous le poids de $36^{t}.4$.

Jusqu'à ce jour il y a 8 locomotives en circulation à 44 500 francs chacune, dont 3 des ateliers de Borsig à

Berlin, 70 voitures de voyageurs et 87 vaggons pour marchandises, bestiaux, etc.

Du 22 mai 1842 au 31 décembre 1843, on a perçu.	716 457 fr.
Et l'on a dépensé en entretien, exploitation et intérêts. . .	670 699
La différence représente un intérêt de 4.866 pour 100. .	45 758 fr.

La distance parcourue par les locomotives est de 195 782 kilomètres.

Et l'on a dépensé par kilomètre parcouru, pour l'entretien et le chauffage des machines :

	fr.
En bois.	0.337
En huile d'olive.	0.050
En suif et chanvre.	0.0083
Réparations.	0 0694
Salaires des machinistes. .	0.0597
Main-d'œuvre de nettoyage.	0.0347
Diverses.	0.0153
Total.	0.5744

On a brûlé 6 730 mèt. cub. de bois de chêne et de différentes essences, et 245hectolit..3 de coke.
On a employé 6 860 kilog. d'huile.
On a employé 37 kilog. de chanvre et 1 250 kilog. de suif.
Pendant l'été on n'a dépensé que 0fr..307 en bois, et pendant l'hiver 0fr..408; les trois machines anglaises ont brûlé 1/10 de moins que la moyenne.

Les voitures ont parcouru 1 885 513 kilomètres et ont exigé 0fr.00601 par kilomètre en réparations, et en graissage 0fr.00169.

Voici les longueurs parcourues par les différentes classes de voitures et les dépenses pour leur entretien par kilomètre parcouru :

	kilom.	cent.
Voitures à bagages n° 1.	64 040	0.645
Idem n° 2.	70 196	0.338
Voitures de voyageurs de 2e classe. .	37 089	1.570
Idem de 1re classe. .	45 007	1.910

On a transporté 374 278 voyageurs, et sur 100 il y en avait 1.45 de 1re classe, 15.17 de 2e et 83.38 de 3e; on a porté 11 810 078 voyageurs à 1 kilomètre; on a porté en outre 1 004 chiens et 536 chevaux ou bestiaux.

La quantité de marchandises portée est de 4 784 tonnes ou 453 516 tonnes portées à 1 kilomètre.

Entre Breslau et Oppeln, on paye 9fr..30, 5fr..85 et 3fr..44 par voyageur, et 12fr..38 à 25fr..40 par 1 000 kilogrammes de

marchandises suivant leurs différentes classifications qui sont au nombre de cinq.

Le 1er mars 1844, il s'est formé une société pour prolonger le chemin de fer de la Silésie supérieure de Myslowitz sur Cracovie; cette compagnie n'a aucune garantie d'intérêt et aucune subvention; son capital est de 15 000 actions de 370 francs, et les travaux doivent être achevés en 1847.

La ville libre de Cracovie s'est réservé le rachat de la ligne après trente ans, moyennant vingt fois la moyenne du dividende des cinq dernières années de l'exploitation.

Le prolongement de la ligne de la Silésie supérieure entre Myslowitz et Neu-Berun est ainsi définitivement suspendu jusqu'à ce que le chemin autrichien du Nord atteigne Oswieczin.

3° Embranchement sur Glogau.

Au commencement de 1844, une compagnie a été autorisée à relier les villes de Glogau, Sprottau et Sagan à la ligne principale de Breslau à Berlin; la longueur de cet embranchement est de 66km.6, il coûtera 75 000 francs par kilomètre; le maximum des pentes et rampes est de 5 millimètres sur une longueur de 12km.40; les rayons varient de 1 500 à 3 000 mètres : on doit employer des rails dans le système belge, du poids de 29kg.5 par mètre.

On a déjà mis la main à l'œuvre, et tout fait présumer l'achèvement de cet embranchement pour 1846.

Une autre société s'est formée pour faire un embranchement de 55km.5 de long de Leignitz sur Glogau, mais aucune concession ne lui a encore été accordée.

4° Embranchement de Breslau sur Freiburg et Schweidnitz.

Cette ligne a été concédée le 23 février 1843; déjà l'embranchement de Breslau à Freiburg a été ouvert au

public en octobre 1843, et la petite ligne sur la forteresse de Schweidnitz vient d'être terminée à la fin de 1844. Ces chemins ont à peu près le même objet que celui de Harzburg : tous les deux sont destinés aux transports des matériaux venant des montagnes et aux voyages d'agrément.

La longueur de Breslau à Freiburg est de 55800 mètres, celle de l'embranchement de Jauernick à Schweidnitz est de 8 368 mètres. Le capital social primitif n'était que de 5550000 francs, mais il a été augmenté de 1 480 000 fr. par 2 000 actions privilégiées à 740 francs.

Les dépenses en mars 1844 s'élevaient :

	fr.
Pour les terrassements à.	881 789.67
Pour les ponts et passages à.	263 513.14
Pour la voie en fer à.	1 808 224.90
Passages à niveau, télégraphes, maisons de gardes.	181 862.52
Indemnités de terrains.	734 141.42
Administration générale.	137 863.73
Stations.	1 043 065.64
Outils.	68 780.29
Travaux préparatoires.	28 903.66
Dépenses communes.	29 646.87
Machines et voitures.	762 874.76
Exploitation avant l'ouverture du chemin, etc.	7 406.78
Uniformes des employés.	15 088.35
Intérêts.	211 812.54
Total.	6 174 974.27

Après l'achèvement total, le kilomètre coûtera environ 110 150 francs.

Les remblais ne dépassent pas $8^{m}.80$; la largeur du chemin en crête est de $4^{m}.72$: la station de Freiburg est à 271 mètres au-dessus du niveau de la mer et à 150 mètres au-dessus de celle de Breslau, ce qui ne donne qu'une pente moyenne de $2^{mm}.6$.

Entre Breslau et Freiburg les rampes sont réparties ainsi :

	mèt.	millim.
Sur	11 304.	1.94 par mètre.
	19 970.	0.89
	38 810.	2.90
	45 216.	0 54
	10 927.	1.62
	8 666.	2.00
	21 101.	1.18
	24 869.	5.00
	22 985.	2.60
	11 304.	1.12
	7 913.	4.13
	10 174.	2.03
	20 724.	5.00
	11 681.	0.67
	120 199.	4.76
	78 374.	4.81
	107 765.	0.00
Sur l'embranchement :		
	19 405.	0.238
	36 437.	3.333
	30 144.	0.000

Les rails, dans le système Vignoles, pèsent 29^{kg}.8 par mètre.

Ce chemin a trois ponts sur la Weistritz, le plus important a 28 mètres de long. 10 courbes ont 1 884 mètres de rayon, les deux autres on 2 161 mètres et 3 768 mètres. Sur l'embranchement, il y a une courbe de 942 mètres.

9 locomotives y sont en activité : 8 sont anglaises et ont coûté 30 870 francs sans leur tender; l'autre sort des ateliers de Guillaume Norris de Philadelphie. Il y a en outre 3 voitures de 1re classe à 54 places, 10 voitures de 2me classe à 240 places, et 25 voitures de 3me classe à 750 places; plus, 40 vaggons pour marchandises et autres. 16 voitures de 2me classe et 10 de 3me classe sont découvertes.

La recette, du 29 octobre 1843 jusqu'à la fin de mars 1844 pour 73 285 voyageurs, 2 264^{t}.6 de marchandises, et autres transports, etc., est de. . . . 116 954^{fr}.78
Les frais d'exploitation s'élèvent à 105 714 .30

La recette nette est donc de . . . 11 240^{fr}.48 p. 5 mois.

Le nombre de kilomètres parcourus a été de 40 951.60, et l'on dépense en coke et en bois pour le chauffage et la traction par kilomètre $0^{fr.}.4933$, et, pour le graissage et nettoyage, $0^{fr.}.094$, non compris la main-d'œuvre qui le porterait à $0^{fr.}.115$.

L'hectolitre de coke coûte $1^{fr.}.44$, et le stère de bois $6^{fr.}.95$. On a brûlé 12 311 hectolitres de coke et $221^{st.}.76$ de bois.

On emploie deux heures pour aller à Freiburg, et l'on fait ainsi $33^{km}.7$ à l'heure : le prix des places est de $5^{fr.}.50$, $3^{fr.}.67$ et $2^{fr.}.44$. On a $23^{kg}.4$ de bagage franc; pour un excédant de 24 kilogrammes à 28, on paye $0^{fr.}.975$ et $0^{fr.}.122$ en sus par $9^{kg}.4$. Pour les marchandises on paye par tonne, entre $9^{fr.}.75$ et 39 francs, suivant les classements qui sont au nombre de 6.

5° Chemin de fer dit de Guillaume. — Kosel-Oderberg.

C'est sous le patronage du prince Guillaume de Prusse qu'il se forma pour relier, entre Kosel et Oderberg, le chemin de la Haute-Silésie et celui du nord de l'Autriche, une société à laquelle on concéda, le 10 mai 1844, cette ligne avec un concours d'un septième des 12 000 actions à 370 francs que la compagnie préféra à une garantie d'intérêt de 3 pour 100; on lui imposa aussi l'achèvement des travaux pour la fin de 1845. On mit immédiatement la main à l'œuvre, la moitié des rails furent commandés en Angleterre, et Borsig à Berlin reçut la commande de quatre locomotives légères.

Le chemin passe à Ratibor sur la rive gauche de l'Oder par un pont à deux travées de $8^{m}.8$ et cinq de 10^{m} 38, et cinq autres ponts de secours de dix travées de $8^{m}.8$ et huit de $10^{m}.38$. Il a une longueur de $54^{km}.7$ dont $42^{km}.5$ en ligne droite; 3 courbes ont 3 770 mètres de rayon. 7 en ont 1 885, et une près de la station de Ratibor n'a que 940 mètres : sur

$1^{km}.7$, seulement, il y a des pentes de $3^{mm}.33$; partout ailleurs elles sont plus faibles Les dépenses ont été évaluées à 84 750 francs par kilomètre : on ne doit d'abord construire les terrassements que pour une voie à $4^{m}.72$ de largeur, quoique les terrains soient achetés pour les deux voies. Les rails, dans le système Vignoles, pèsent $26^{kg}.85$ et reposent tous les $0^{m}.94$ sur des traversines. Il y aura sur ce chemin 103 passages à niveau, 2 au-dessous et un au-dessus.

Lorsque cette ligne sera achevée on pourra en un seul jour franchir les 390 kilomètres qui séparent Vienne de Breslau.

6° Embranchement de Brieg sur Neisse.

Au commencement de 1844 il se forma une compagnie sous les mêmes conditions que celles du chemin de la Basse-Silésie, pour relier Brieg à Neisse, sur une longueur de 48 kilomètres, avec un capital de 11 000 actions de 370 fr. Il y a lieu de penser que l'on mettra bientôt la main à l'œuvre.

Il s'est formé d'autres sociétés pour faire un chemin parallèle à celui de la Haute-Silésie, allant de Leignitz à Freiburg et de Schweidnitz par Franckenstein et Neisse à Troppau, mais il n'a aucune chance d'une construction prochaine.

Une autre compagnie s'est formée pour relier Guben à Riesa, ou le chemin de la Basse-Silésie à celui de Leipzig à Dresde, mais on en est encore aux études, qui sont encouragées par le gouvernement prussien.

3° *Chemin de fer de Berlin à Stettin.*

Le chemin, Pl. 93, *fig.* 1, fut commencé le 3 août 1840 et achevé complétement en août 1843 : dès le mois de juin 1842, il fut livré jusqu'à Neustadt-Eberwald, et, en novembre, jusqu'à Angermunde. L'estimation première fut 9 990 000 francs.

Dans l'assemblée générale des actionnaires du 30 mai 1844, on éleva le capital social à 17 478 800 francs : les actions sont chacune de 740 francs.

Les dépenses de construction sont :

	fr.
Pour les travaux préparatoires.	81 015.32
Directions et inspections.	413 933.58
Indemnités de terrains payés de 19 à 95 fr. l'are.	1 057 147.90
Terrassements.	2 836 883.54
Consolidation des talus.	134 199.36
Ponts et passages.	703 451.26
Consolidation du sol du chemin.	282 626.42
Installation de la voie.	3 358 778.26
Traversée des chemins.	30 773.68
Rails mouvants, plaques tournantes.	103 133.93
Clôtures.	31 069.03
Bâtiments.	1 564 765.82
Machines, waggons et outils.	2 024 169 04
Dépenses générales.	374 641.03
Droits.	27 299 83
Intérêt du capital de construction.	642 179 40
Murs d'enceinte près de Stettin.	315 450.20
Part contributive pour la construction de la route de Neustadt à Frienwaldt.	37 000.00
Total.	14 018 517.60

La dépense par kilomètre est de 103 459fr.50.

		fr.
Le mètre cube de déblais sablonneux employé en remblais a coûté avec le transport jusqu'à 37 mètres. . .		0.194
Avec le transport de	37 à 74 mètres.	0 235
Id.	de 74 à 111 mètres.	0.276
Id.	de 296 à 370 mètres.	0.525
Id.	de 370 à 444 mètres.	0.565
Id.	à 1850 mètres.	1.38

On a compté qu'un ouvrier pouvait déblayer 4m.45

ou une schachtruthe, et les porter de 111 à 148 mètres.

Les déblais de terres argileuses pures ont été payés $0^{fr}.717$.

Les pentes les plus fortes sont de $4^{mm}.17$ sur $10^{km}.50$, de $3^{mm}.97$ sur $2^{km}.60$, de $3^{mm}.47$ sur $4^{km}.20$, etc. Les rayons minimum de courbe ont 980 mètres sur 300 mètres de longueur, et deux de 890 mètres sur 480 et 520 mètres de longueur, tous les trois dans la proximité des stations.

La longueur totale est de 134 420 mètres.

Quoique le terrain sablonneux qui s'étend de Berlin à Stettin paraisse assez plat, les terrassements sont assez considérables : les remblais ont souvent de $12^{m}.50$ à 16 mètres et même 19 mètres de hauteur. Le remblai le plus cher a une longueur de 13 kilomètres et forme les abords du pont de Randon, qui a dû être construit à une hauteur de plus de 32 mètres. Celui des abords du pont sur la Fine près de Neustadt a 565 mètres de longueur, et sa plus grande élévation est de $23^{m}.30$.

Les déblais les plus importants sont aux points extrêmes à Berlin et à Stettin : le premier a 565 mètres de longueur et une profondeur de $10^{m}.70$; le second a 1 883 mètres de longueur et $9^{m}.43$ de profondeur.

Là où le terrain végétal qui recouvre le sable a été entièrement tranché, il y a eu souvent des éboulements : ainsi, près de Berlin, sur une longueur de 2 000 mètres environ, le sol du chemin disparut une fois complétement.

Sur ce chemin il y a 45 ponts, 22 viaducs pour routes et chemins et 186 passages de niveau.

Près de Stettin, il y a un pont oblique de $27^{m}.50$ avec culées en maçonneries qui supportent des poutres de $15^{m}.25$ de longueur, soutenues par des colonnes en fonte.

Les rails sont faits dans le système de Vignoles et consolidés par des traversines en bois de pin, ils ont de 4 mètres à $5^{m}.65$ de longueur et pèsent $25^{kg}.20$ par mètre.

On n'a donné aux terrassements qu'une largeur en crête

de 4m.40 pour une voie, mais le terrain a été acheté pour deux; la largeur entre les rails est comme ailleurs de 1m.44.

Ce chemin a 7 stations outre un point d'arrêt près Biesenthal et 120 petites maisons de gardes. La station de Stettin est dans l'intérieur des fortifications.

198 voitures dont 26 de 1re et de 2e classe et 35 de 3e classe, plus 14 locomotives sont en usage sur ce chemin; 4 sortent des ateliers de Borsig à Berlin, les autres sont étrangères.

Le chauffage se fait au coke Du 1er août 1842 au 30 avril 1843, on a brûlé 23lit.1 de coke par kilomètre parcouru; les machines à détente variable ont donné une économie de 15 à 20 pour 100 sur le combustible (l'hectolitre de coke coûte sur le tender 1fr.57). On a parcouru dans cet intervalle 85 433 kilomètres, et on a dépensé 0fr.0797 par kilomètre pour la réparation des machines Le nombre de kilomètres parcourus principalement pour le transport des matériaux de construction par les waggons est de 765 744km.60, et leur entretien par kilomètre est de 0fr.00865. Les nouvelles machines de Borsig et de Scharp Roberts, etc., n'ont brûlé que 18lit.5 et 20lit.8 de coke par kilomètre pour les convois de voyageurs. Pour ceux des marchandises, on dépense 2kg.2 de plus. On a institué aussi des primes pour les chauffeurs qui brûlaient le moins de combustible.

	fr.
Du 1er août 1842 au 30 avril 1843 la recette totale a été	323 445.86
Les frais d'exploitation correspondants sont. . . .	220 713.63
La recette nette est donc de.	102 732 23

	fr.
Du 16 août au 31 décembre 1843, la recette a été.	534 243.00
Et les frais d'exploitation sont.	396 070.20
La recette nette est donc de.	138 172.80

	fr.
Du 1er janvier au 30 avril 1844, la recette a été. .	385 562 94
Les frais et dépenses sont.	151 904.73
La recette nette est donc de.	233 658.21

Les dépenses d'exploitation du 16 août au 31 décembre 1843 sont détaillées ci-dessous :

	fr.
Salaires et loyers	72 871.75
Habillement des employés	5 749 06
Voyages et dîners	333.62
Gratifications	462.50
Manœuvres	18 834.97
Frais d'impression et d'insertion	5 153 98
Droits de poste, de timbre	189.19
Fournitures de bureau	2 208 04
Matériel de chauffage et d'éclairage	9 114.95
Entretien du chemin	1 113.08
Id. de la voie de fer	28 889 48
Id. des ouvrages latéraux	455.34
Id. des bâtiments	3 194.70
Id. et achat des outils	6 000.00
Id. du matériel de transport	15 771.50
Coût des moyens de transport	40 117.50
Impôts	1 079.66
Assurances	1 337.30
Intérêt à 4 pour 100 du capital, etc.	178 989.96
Dépenses diverses	4 203 08
Total	396 070.20

La distance totale est parcourue par les voyageurs de $4^h.30'$ à $4^h.45'$, ce qui fait une vitesse moyenne de 30 kilomètres par heure ; les convois de marchandises emploient de $6^h.45'$ à $6^h.57'$.

Le nombre de voyageurs est donné par le tableau suivant :

	1re classe.	2e classe.	3e classe.	TOTAUX.
Du 1er août 1842 au 30 avril 1843.	2 685 2.3	28 443 24.2	86 110 73.5	117 238 100.0
Du 1er mai 1843 au 15 août 1843.	1 690 2.2	21 192 27.6	53 959 70.2	76 841 100.0
Du 16 août 1843 au 30 avril 1844	2 910 1.7	44 834 25.8	125 869 72.5	173 613 100.0

Le nombre de tonnes de marchandises transportées est :

	MARCHANDISES ordinaires.	MARCHANDISES accélérées.	TOTAUX.
Du 1er août 1842 au 30 avril 1843.	6 331t	487t	6 818t
Du 1er mai 1842 au 15 sept. 1843.	6 642	841	7 483
Du 16 sept. 1843 au 30 avril 1844.	20 954	3 977	24 931

On paye pour le trajet entier, suivant les classes, 12fr.80, 10 francs, 6fr.40 ; le prix des autres stations diminue régulièrement par sixième.

Chaque voyageur a 23kg.4 de bagage franc, et paye 0fr.122 par 11kg.70 d'excédant. Pour les marchandises accélérées, on paye, d'une station à l'autre, c'est-à-dire pour 19km.2, 0fr.73 par 100 kilogrammes ; pour les marchandises ordinaires, on paye la moitié ; cela fait 38 centimes et 19 centimes par tonne et par kilomètre.

4° *Chemin de fer de Stettin à Stargard.*

La compagnie du chemin de Berlin à Stettin a, dans la séance du 27 mai 1843, décidé le prolongement de la ligne sur Stargard. La concession a été accordée le 26 janvier 1844. Cette ligne doit avoir 37 kilomètres de longueur et doit coûter 4 070 000 francs ; déjà on a mis la main à l'œuvre, et, au 30 avril 1844, on avait dépensé 753 007fr.59 ; toute la ligne a dû être finie dans l'automne de 1845.

Le kilomètre coûtera 110 000 francs.

Le terrain étant partout plat, les pentes sont insignifiantes, et les rayons des courbes très-considérables.

Entre Stettin et Damm il y a des ouvrages d'art très-considérables pour franchir l'Oder, le Jarnitz et le Reglitz.

5° *Chemin de fer de Berlin à Kœnigsberg.*

Plusieurs directions ont été étudiées pour relier Berlin à Kœnigsberg : nous allons indiquer sommairement les principales :

1° Par le chemin de Stettin et Stargard, et la ligne directe de Tempelburg et Konitz.

2° Par Stargard, Schneidmuhl et Bromberg.

3° Par Neu-Eberwald et le chemin de Stettin, Landsberg, Schneidmuhl et Bromberg, avec un embranchement de Filchne sur Posen.

4° Par le chemin de Francfort, Kustrin, Landsberg, et au delà comme au n° 3.

5° Par Francfort, Méseritz, Posen et Bromberg.

Une commission vient de décider que la ligne à exécuter passera par Kustrin, Driesen, Schneidmuhl, Bromberg, Pelpin, Dirschau, Marienburg, Elbing, Preussich-Holland, Mehlsack, Zinten, Kreuzburg et Kœnigsberg où elle aboutira après avoir passé un tunnel sous la ville près de l'église de Haberberg. La longueur de cette ligne sera de 675 kilomètres.

6° *Chemin de fer de Posen à Glogau.*

On a organisé une compagnie pour relier Posen à Glogau et à tous les chemins de fer de la Silésie : en juin 1844, la concession n'était pas encore accordée, mais on espérait qu'elle ne tarderait pas à l'être. La longueur de la ligne sera de $104^{km}.50$ environ, et l'estimation des frais s'élève à 8 880 000 francs.

Les travaux doivent être commencés en 1845 et achevés en 1847.

7° *Chemin de fer de Berlin à Stralsund.*

Au commencement de 1844, il s'est formé à Stralsund une société pour unir cette ville à Berlin, au moyen d'une ligne de 220 kilomètres de longueur qui coûterait 20000000 de francs : il y aurait un embranchement de Grimmen sur Greifswald de 22 kilomètres, qui coûterait 1 800 000 francs.

Jusqu'ici la concession de cette ligne n'a pas encore été accordée.

8° *Chemin de fer de Berlin à Bergedorf sur Hambourg.*

En février 1842, l'exécution de cette ligne fut arrêtée par la Prusse, le Mecklembourg, le Danemark et la ville de Hambourg.

Une commission, formée par les différents états traversés, arrêta que le tracé passerait devant Spandau, par Fehrbellin, Grabow, Ludwigslust, Boitzenburg et Schwarzenbeck ; le maximum de la pente fut fixé à $1^{mm}.87$ dans le duché de Lauenbourg et à 1 millimètre partout ailleurs.

La longueur de la ligne est de $251^{km}.4$, et la dépense est évaluée en nombres ronds pour :

	fr.
Les terrassements, à.	7 220 000
Les indemnités de toute espèce, à.	2 320 000
Les ponts et passages, à.	1 650 000
Les viaducs, à.	623 000
La clôture du chemin, le bornage, les signaux. .	125 000
La construction de la voie.	8 430 000
Les stations et bâtiments.	2 540 000
Les dépenses générales.	1 140 000
Total des constructions	24 048 000
Intérêts annuels à 4 pour 100 pendant 3 ans, durée présumée de la construction..	1 850 000
Matériel d'exploitation.	3 702 000
Total.	28 600 000

On croit cependant que cela pourra aller à 35 millions; les états de Prusse, du Mecklembourg et de Hambourg ont souscrit pour 5 500 000 francs.

Le premier versement de fonds fut fait en novembre 1843, et en mai 1844 les travaux furent commencés; on pense qu'en 1848 ils seront achevés.

Le grand-duché de Mecklembourg doit relier sa capitale Schewerin à ce chemin sur Hagenow, par un embranchement de 26 kilomètres, qui est évalué à 1 850 000 francs.

9° *Chemin de fer de Berlin à Potsdam.*

Ce chemin, Pl. 94, est le premier qui fut exécuté en Prusse, son ouverture date du 30 octobre 1838. Les actionnaires avaient dans le principe l'espoir que la ligne de Potsdam serait la tête de celle de Magdebourg, mais ils furent trompés par l'exécution de celle de Cœthen; de Berlin à Magdebourg, par Potsdam, il n'y a que 137 kilomètres, et par conséquent 61^{km}.20 de moins que par Cœthen.

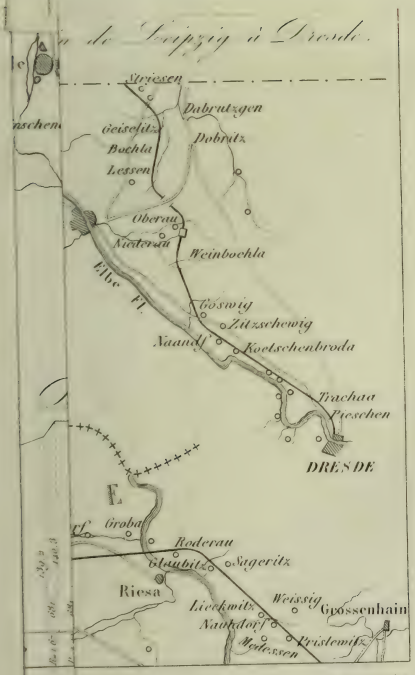
Le capital social a été formé par 5 000 actions fondamentales à 740 francs, plus 2 000 actions privilégiées à 4 pour 100 de 740 francs également, et s'élève ainsi à 5 180 000 francs.

Ce chemin a une longueur totale de 26 362 mètres : il est seulement de 1 506 mètres plus long que la ligne droite qui joint les points extrêmes, et que l'on devait suivre dans le principe.

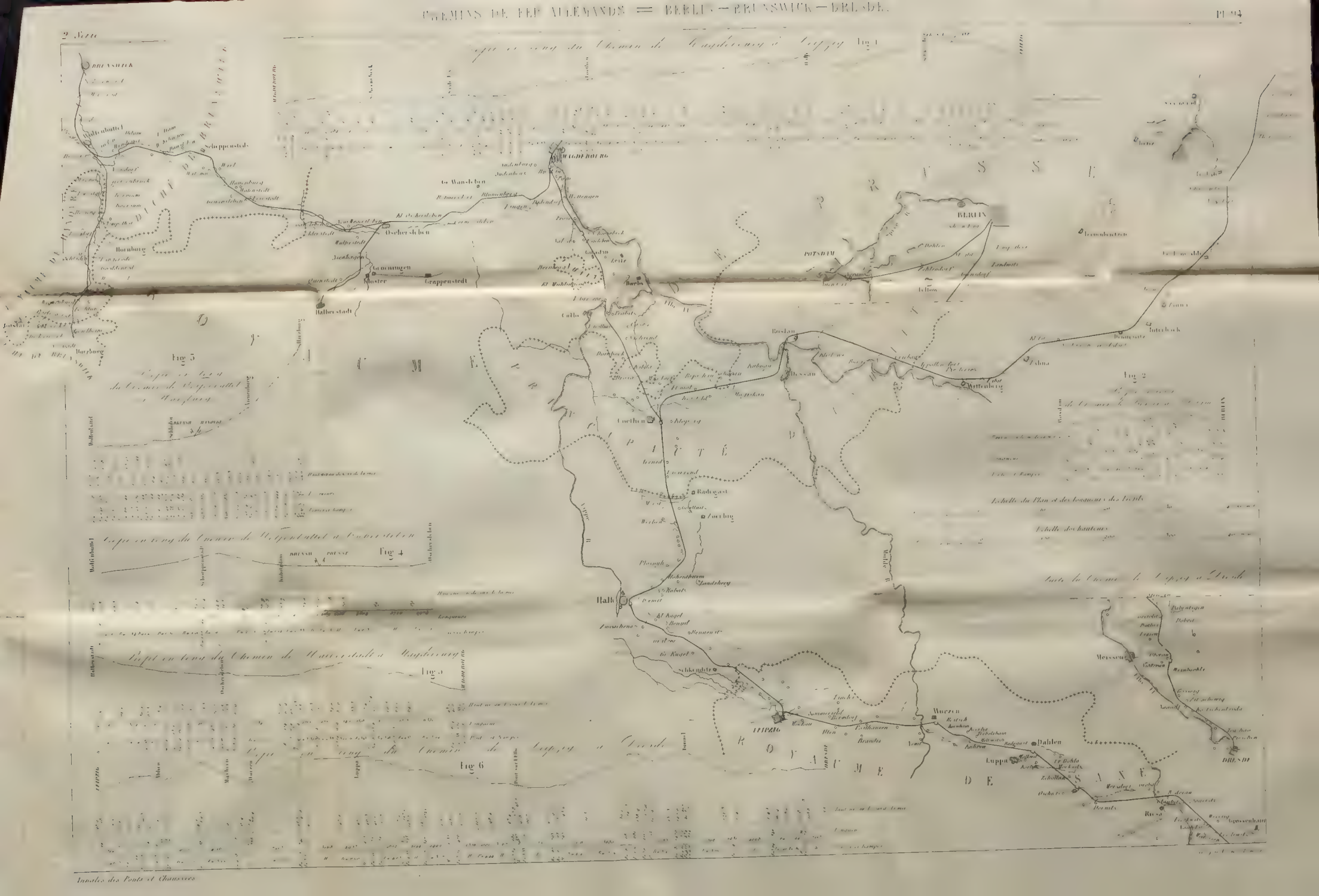
Les dépenses jusqu'à la fin de 1843 ont été pour :

	fr.
Achat de terrain	651 141
Travaux de terrassement	635 586
Voie de fer	1 124 271
Ponts	224 571
Bâtiments aux stations	827 627
Bâtiments pour les gardes	61 102
A reporter	3 524 298

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY of ILLINOIS



Gravé par Adam et Lemaire.


2 Série
Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3
Fig. 4
Fig. 5
Fig. 6
BRUNSWICK
Wolfenbüttel
Schoppenstedt
Hornburg
Oschersleben
Groningen
Kloster
Grappenstedt
Halberstadt
Gr. Wansleben
MAGDEBOURG
Barby
Calbe
Roslau
Dessau
Wittenberg
Zahna
Interbock
Bernsdorf
Cöthen
Radegast
Zoerbig
Halle
Schkeuditz
LEIPZIG
Wurzen
Dahlen
Luppa
Meissen
DRESDE
Riesa
Grossenhain
BERLIN
POTSDAM
Tellow
Zeitz
Bernburg
Dornburg
Kleinzig
Landsberg
Schleiz
Hohenthurm
Rabatz
Kl. Kugel
Brandis
Oschatz
Dornitz
Zehollau
Ankrea
Bellwitz
Rodegast
Wolfenbüttel
Schoppenstedt
Oschersleben
Halberstadt
Magdeburg
Leipzig
Dresde
Longueurs
Echelle du Plan et des longueurs des Profils
Echelle des hauteurs
ROYAUME DE SAXE
ROYAUME DE PRUSSE
PRINCIPAUTÉ DE ANHALT
Annales des Ponts et Chaussées

	fr.
Report.	3 524 298
Frais d'études, etc.	94 391
Frais de conduite des travaux.	34 732
Achat de 13 locomotives et des tenders.	702 637
Id. de 80 voitures pour voyageurs.	483 312
Id. de 22 voitures pour marchandises.	109 661
Mobilier pour le transport, uniformes, etc.	37 929
Charrettes pour le transport des marchandises. . .	7 019
Indemnités pour dommages.	44 400
Intérêts et dépenses diverses.	140 970
Total.	5 179 349

A cela il faut ajouter comme dépenses nécessaires à faire:

Pour terrains à acquérir.	47 101
Pour construction d'ateliers et hangars.	16 798
Total.	5 243 248

Ce qui fait en chiffre rond une dépense de 200 000 fr. par kilomètre.

Quoique le terrain ne présente pas de difficultés, il y a cependant des déblais de $8^{m}.80$ et $10^{m}.50$ de profondeur; sa nature est partout sablonneuse.

Il n'y a que les ponts sur les trois bras du Ruthe près Potsdam qui soient un peu importants, ils ont 120 mètres de long, et ont coûté 66 600 francs.

La plus forte pente est de $3^{mm}.3$; le rayon minimum est de 1 508 mètres (*voir* le profil en long, Pl. 94. *fig.* 2).

Les rails sont assujettis dans des coussinets avec des coins en fer placés extérieurement. La largeur de la voie est de $1^{m}.44$; les rails ont $4^{m}.71$ de long et pèsent $19^{kg}.40$ le mètre courant.

La verge prussienne de 12 pieds, ou les $3^{m}.766$ de voie ont coûté :

	fr
150 kilogrammes de fer laminé anglais, à $44^{fr}.34$ les 100 kilog.	66.51
8 coussinets à $1^{fr}.85$ pièce.	14.80
8 coins en fer dont 480 pèsent 100 kilogrammes, à $65^{fr}.88$. .	1.10
4 traversines à $3^{fr}.20$ pièce.	12.80
16 vis à bois dont 150 pèsent 100 kilogrammes, à $61^{fr}.57$. .	6.56
Transport.	1.85
Pose.	7.40
Total.	111.02

ou en nombre rond, 30 francs par mètre.

Les ouvrages sont faits pour deux voies, mais une seule a été posée. La largeur des terrassements en crête est de 7m.55.

Le matériel consiste en 13 locomotives, dont deux sont de fabrique berlinoise, 2 voitures de cour, 80 voitures de voyageurs, dont 14 de première classe, 16 de deuxième, 42 de troisième couvertes, 8 de quatrième découvertes, et 22 waggons pour marchandises. Le chauffage se faisait pour quelques locomotives avec du coke, et pour d'autres avec du bois : aujourd'hui tout le chauffage se fait au bois ; le chauffage au bois coûte beaucoup moins cher et exige moins de dépense pour les réparations.

Le tableau suivant donne le mouvement de ce chemin :

ANNÉES.	Nombre de voyageurs	Bagages des voyageurs.	Marchandises.	Recettes sur les voyageurs.	Recettes sur les bagages, marchandises, et bestiaux	Recettes totales y compris des recettes diverses.	DÉPENSES d'exploitation pour l'entretien du chemin.	DÉPENSES d'exploitation pour les transports.	DÉPENSES d'exploitation pour l'administration générale.	Rapport entre les dépenses et les recettes.
		ton	ton.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr
1839	664 828	420	398	659 000	17 050	700 292	68 309	239 094	41 118	0.497
1840	600 162	796	1 485	647 265	46 276	706 267	61 213	191 560	32 930	0 406
1841	579 481	735	2 668	584 448	48 470	646 907	56 256	189 018	29 563	0 424
1842	500 906	588	4 440	538 357	45 859	605 376	49 654	175 027	27 103	0.412
1843	454 922	682	6 937	578 628	65 571	662 581	55 896	194 851	27 228	0.419

En 1842 et 1843, le nombre des voyageurs était réparti ainsi :

Entre Berlin et Potsdam :	1843.	1842.
Personnes attachées à la cour du roi de Prusse.	6 124	4 089
Voyageurs de 1re classe.	38 444	47 537
Idem de 2e classe.	86 521	69 742
Idem de 3e classe.	308 126	340 024
Voyageurs de l'impériale.	1 356	5 92
Militaires et orphelins.	8 972	8 949
Total.	449 543	470 933
Entre Berlin et Stéglitz.	5 379	29 973
Total.	454 922	500 906

Après avoir prélevé 4 pour 100 pour les actions privilégiées, ainsi que ce qui est nécessaire pour leur amortissement après trente ans, et mis à la caisse de réserve une somme destinée à remettre à neuf le matériel, les rails, etc., on a pu pendant les trois dernières années distribuer aux actionnaires un dividende de 7 pour 100.

En 1843 on a transporté 202 équipages, 207 chevaux, 1309 chiens, 135 têtes de bétail, 968 cochons.

Voici quelques données sur les frais de transport :

ANNÉES.	Kilomètres réellement parcourus.	Frais du personnel.	Frais du combustible pour le parcours.	Dépense en huile, suif, graisse, etc.	Chauffage préparatoire.	Entretien des locomotives et des tenders.	Entretien des voitures.	Entretien des waggons de marchandises.	Dépenses diverses accessoires.	DÉPENSE par kilomètre parcouru pour l'entretien du chemin.	pour les transports.	pour l'administration générale.	Nombre des voitures employées.	Nombre des convois.
	kilom.	fr.	fr.	fr.		fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.		
1839	106 545	72 997	100 292	11 781	Dans les frais de parcours.	18 696	7 485	1 661	26 178	0.641	2 242	0.385	»	»
1840	122 951	66 785	62 819	8 299		21 035	10 367	1 713	20 542	0.498	1 556	0.268	40 736	4 443
					fr.									
1841	116 291	61 287	68 912	8 381	2 316	18 237	11 703	2 135	16 047	0 483	1 626	0.253	33 953	4 318
1842	111 577	58 612	58 715	8 484	1 003	18 204	7 526	1 391	19 092	0.426	1 487	0.232	31 585	4 238
1843	108 565	60 550	57 750	6 708	129	24 224	16 176	3 330	25 964	0.514	1 791	0.251	33 005	4 185
									Moyenne. . . .	0.512	1 740	0.277	34 820	4 296

Les frais d'exploitation pendant les cinq années se sont réduits en moyenne à 2fr.50 par kilomètre parcouru ; les frais de traction seulement se sont élevés à 0fr.593, chiffre qui ne comprend que le chauffage et le graissage. Les frais de chauffage au bois sont de 0fr.50 par kilomètre, et au coke de 0fr.60, en y comprenant le bois pour l'allumage, en comptant 1fr.68 pour l'hectolitre de coke, et 5fr.90 le stère de bois. La réparation et l'entretien des machines a coûté 0fr.172 par kilomètre.

Voici les quantités de combustible brûlées chaque année par kilomètre :

ANNÉES.	BOIS DE PIN.	COKE.	BOIS pour allumer le coke.
	stère.	litres.	stère.
1840.	0.0864	28.65	»
1841.	0.0877	23 05	0.01215
1842.	0.0786	21.05	0.01282
1843.	0.0755	»	»

Il part par jour de 4 à 7 convois, selon la saison.

Suivant les quatre classes de voitures, on paye 2fr.45, 1fr.85, 1fr.25 et 0fr.25 pour le parcours total qui se fait de 45′ à 50′, ce qui fait une vitesse moyenne de 33 kilomètres à l'heure : les voyageurs ont 14 kilogrammes de bagage franc.

Pour les marchandises dont le poids dépasse une tonne, on paye 22c.8, 25c.1 et 27c.4 par kilomètre, suivant les trois classes : on paye jusqu'au double lorsque le poids est inférieur à 50 kilogrammes.

La compagnie de Potsdam est en instance pour faire prolonger son chemin vers Magdebourg, ce qui raccourcirait de 61km.20 le trajet par Cœthen : les dépenses ne sont évaluées qu'à 14 800 000 francs.

La concession de cette ligne, par Brandebourg, Genthin et Burg, vient d'être faite par le gouvernement prussien.

10° *Chemin de fer de Berlin à Cœthen.*

Berlin avait un grand intérêt à être relié à Magdebourg d'un côté, à Dresde de l'autre, et enfin à Leipzig et toute la ligne bavaroise : on pouvait y satisfaire pleinement en prolongeant directement le chemin de Potsdam sur Magdebourg et en ouvrant une ligne directe par Interbock à Riesa, sur la ligne de Dresde. On voulut économiser en remplaçant ces deux lignes par une seule et l'on construisit le chemin de Berlin à Cœthen, Pl. 94, qui ne remplit qu'imparfaitement son but : aussi a-t-on décidé aujourd'hui la construction des chemins de Potsdam à Magdebourg et de Interbock à Riesa.

La construction de cette dernière ligne vient d'être concédée à la compagnie d'Anhalt.

C'est en 1838 que l'on fit les études du chemin de Cœthen dont les dépenses furent évaluées à 12 950 000 fr.; la première partie fut ouverte jusqu'à Dessau en septembre 1840, et la ligne entière fut livrée le 10 septembre 1841.

La longueur de ce chemin est de. . . . . 152$^{km.}$ 28

Sa construction, y compris le matériel d'exploitation, a coûté jusqu'à la fin de 1843, 17 929 538 fr., ce qui fait environ 118 000 francs par kilomètre.

Les frais d'études se sont élevés à.	100 411 fr.
L'achat de 307 hectares de terrain, a coûté à 38$^{fr.}$ 70 l'are.	1 070 987
L'achat des outils a coûté.	194 213
Les terrassements ont coûté pour 3 180 000 mètr. cubes.	2 596 142
Les traversées des routes.	267 758
Les ponts et passages.	1 311 831
Bâtiments divers.	824 012
La gare de Berlin s'élève à.	1 958 262
La voie de fer a coûté.	5 849 389
Matériel d'exploitation.	2 413 303
Les autres dépenses se sont élevées à.	1 343 230
Total.	17 929 538

Ces frais n'ont pu être entièrement payés car les 15 000 actions fondamentales ne sont que de.	11 100 000 fr.
Et les actions privilégiées de.	5 550 000
Total.	16 650 000

Les parties en déblais offrent une longueur de 34^{km}.60; la tranchée la plus importante a 4 070 mètres de long et 12^{m}.25 de profondeur : on en a retiré 2 094 125 mètres cubes de terre dont on a retroussé 380 822 mètres cubes, et comme le cube des remblais était de 2 753 126 mètres cubes, on a emprunté 1 713 303 mètres cubes.

La largeur en couronnement est de 8^{m}.50; les talus sont à 1 et demi avec des banquettes de 1^{m}.90 en 1^{m}.90 : on les a en outre recouverts de gazon, ce qui a coûté 0^{fr}.0915 par mètre quarré. Le terrain est entièrement sablonneux comme celui de nos landes.

Sur 31^{km}.23, le chemin est horizontal, les pentes maximum ont 3^{mm}.33 sur 35^{km}.38.

Les pentes sont ainsi réparties :

35 386	mètres	3^{mm}.33
4 220	—	3 .12
5 855	—	2 .77
17 447	—	2 .50
3 127	—	2 .22
5 353	—	2 .00
7 687	—	1 .67
8 638	—	1 .43
8 338	—	1 .25
2 035	—	1 .16
2 261	—	1 .11
4 648	—	1 .00
377	—	0 .83
3 156	—	0 .694
3 994	—	0 .50
1 856	—	0 .333
3 406	—	0 .250
2 751	—	0 .200
512	—	0 .667
En pente ou rampe. .	121 047	mètres.
En palier.	31 233	
Longueur totale. .	152 280	mètres.

La station de Berlin est à 3^{m}.10 au-dessus des eaux moyennes de la Sprée; le pont de Rosslau sur l'Elbe

a $31^{m}.50$, et le point le plus élevé du chemin a $75^{m}.60$: ce dernier se trouve à 78 kilomètres de Berlin.

Les rayons de courbure ont en général 3 766 mètres, quelques-uns seulement descendent à 1 130 mètres; le tiers de la longueur du chemin est en courbe.

Pour la première voie qui a été posée on a assujetti les rails, de $25^{kg}.00$ à $25^{kg}.70$ par mètre, dans des coussinets en fonte avec des coins en bois; pour la seconde voie, on a employé le système de Vignoles.

Le système de Vignoles était à peine connu lors de la pose de la première voie; il présente une économie de 1 500 fr. par kilomètre sur l'ancien dans lequel les coussinets et coins coûtaient 5 650 francs par kilomètre; dans le système Vignoles les rails sont soutenus de $0^{m}.80$ en $0^{m}.80$; sous les rails à leur juxta-position on a *sous-posé* des plaques en fer qui coûtent $1^{fr.}.25$ pièce.

Il y a sur ce chemin 258 traversées de routes dont 227 de niveau, 26 sous la voie de fer parmi lesquelles 14 servent simultanément pour des rivières, et 5 au-dessus de la voie de fer.

Tous les travaux importants de cette ligne sont situés entre Dessau et Rosslau sur une longueur de $5^{km}.50$; dans cette partie on traverse avec de forts remblais l'Elbe et la Mulde un peu avant leur confluent; comme le terrain sur la rive droite de l'Elbe, près Rosslau, se trouvait plus élevé, on y a pris environ 160 000 mètres cubes de terre pour les levées entre les deux rivières; ce transport a été fait au moyen d'un chemin de fer provisoire et a coûté $0^{fr.}.65$ par mètre cube; l'ensemble des terrassements de cette partie a coûté 392 200 francs; indépendamment du grand pont sur l'Elbe, il y a 7 autres ponts tant sur la Mulde que sur des bras et des anciens lits pour l'écoulement des eaux d'inondation; ces 7 ponts ont une longueur totale de $610^{m}.90$, et ont coûté 590 090 francs, non compris le bois qui a été fourni par le prince de Dessau. Voici le détail de leurs frais :

	PONT sur le Peisker, de 83 mètres de long, avec 5 travées.	PONT de Schumann, de 81m.80 de long, avec 5 travées.	PONT OBLIQUE sur le Fahrsee, à 52°, de 79m.90 de long, avec 5 travées.	PONT de Pzmzwiese, de 96 mètres de long, avec 6 travées.	PONT OBLIQUE sur la Mulde, à 55°, de 123 mètres de long, avec 6 travées.	PONT sur la Fluth, de 89 mètres de long, avec 4 travées.	PONT sur le Kolk, de 58m.20 de long, avec 3 travées.
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
Coupe et transport du bois.	13 669	8 217	9 609	8 220	24 157	11 513	8 821
Charpentiers.	32 160	7 985	22 887	7 517	35 964	10 378	7 930
Terrassements.	5 172	5 100	4 996	4 162	6 696	5 180	5 853
Maçonnerie (main-d'œuvre).	4 519	2 458	4 828	3 334	9 984	5 451	7 603
Matériaux pour la bâtisse.	11 423	9 227	13 051	11 694	25 048	19 494	17 349
Taille de la pierre (matériel compris).	15 843	4 521	6 154	5 798	30 599	10 840	7 979
Ouvrages de forge, etc.	7 037	4 954	13 343	5 853	17 223	10 368	7 511
Goudronnage, gardes, barraques. . . .	9 569	3 787	7 624	4 040	13 471	6 431	5 496
Dépense totale. . . .	99 392	46 249	82 492	50 618	163 142	79 655	68 542

Tous ces ponts ont des piles et des culées en pierre et des travées en charpente de bois de pin, dont les forêts environnantes abondent; leur largeur moyenne est de $7^m.70$.

Nous donnons ici les dessins des deux principaux, ceux sur la Mulde et sur l'Elbe, Pl. 95. Ce dernier a $229^m.50$ de long, avec 5 travées, dont les 3 du milieu ont $38^m.62$ d'ouverture, et les 2 extrêmes $39^m.25$; sa hauteur, au dessus de l'étiage, est de $13^m.50$; la charpente est formée par 6 fermes, espacées de $1^m.90$, dont chacune se compose de deux rangs parallèles de 7 cours de pièces de $0^m.31$ d'équarrissage courbées suivant un arc de $50^m.24$ de rayon, lesquels sont reliés intérieurement par des contre-fiches de $0^m.21$ sur $0^m.26$ en croix de Saint-André, et à l'extérieur par des moises normales qui ont $0^m.37$ sur $0^m.43$. Ces 7 pièces courbes, qui forment une épaisseur de $2^m.20$, sont reliées entre elles par des boulons; d'autres boulons relient en outre ces deux cintres de chaque ferme. La flèche est de 1/10. Le tablier a été formé par deux rangs de madriers de $0^m.21$ d'épaisseur bien secs, qui furent recouverts par une couche de terre glaise mêlée de gravier, puis par une autre mêlée de pierraille; enfin par une troisième formée avec de la pierre concassée grossièrement, le tout bien damé, afin d'empêcher les filtrations de l'eau; pour préserver la charpente contre l'eau de pluie chassée de côté, on a fermé les deux têtes par un bordage de $0^m.033$ d'épaisseur assemblé à rainures, ce qui est un moyen assez généralement employé en Allemagne. On avait compté sur un affaissement de $0^m.63$, mais il n'a été que de $0^m.16$.

Les piles ont été fondées sur pilots au moyen de caissons.

La largeur totale du pont a $9^m.42$, dont $3^m.78$ seulement sont réservés pour le chemin de fer; le reste est livré au roulage pour une route ordinaire.

Les dépenses peuvent être évaluées ainsi :

Ouvrages de maçonnerie et de charpente. . .	186 439 fr.
Ouvrage des cordiers.	7 393
Id. des forgerons.	51 893
Id. des charrons	619
Id. des goudronneurs	3 344
Apparaux.	2 237
Pierres de grès.	83 007
Chaux, ciment, briques	32 397
Moellons, gros cailloux.	20 329
Bois, transport compris.	136 538
Attelages pour la construction.	19 509
Matériaux	3 352
Dépenses diverses.	11 918
Total	558 975 fr.

On payait 3fr.85 le mètre cube de moellon, 46fr.20 le millier de briques, et 27fr.75 la tonne de ciment anglais, qui a été partout employé avec la chaux du pays.

Ce chemin a 22 locomotives et 21 tenders (en juillet 1844 les ateliers de Borsig devaient encore livrer 3 autres locomotives à détente variable et 3 tenders), 128 voitures pour voyageurs (les voitures ont coûté 8 900 francs, 7 100 francs, 4 550 francs et 3 700 francs, suivant les classes; sur 100 voitures il y en a 7 de première, 30 de deuxième, 36 de troisième couvertes, 27 de troisième découvertes), dont 28 en commun avec la société de Magdebourg; 249 voitures pour marchandises et autres, dont 87 en commun avec la ligne de Magdebourg; 15 locomotives sont anglaises, et 6 sortent des ateliers de Borsig à Berlin. Le chauffage se fait au coke.

Voici le tableau des recettes et dépenses pour les années 1842 et 1843 :

	1842,	1843.
	fr.	fr.
Recettes pour les voyageurs.	1 400 276	1 565 000
Équipages et chevaux.	86 809	92 877
Marchandises.	472 919	872 856
Loyers, bail, etc.	4 026	6 967
Intérêts.	36 996	7 304
Extraordinaires.	14 138	25 027
Totaux.	2 015 164	2 570 031

Dépenses pour l'entretien du chemin.	303 163	230 380
Entretien des bâtiments.	36 700	40 996
Frais d'exploitation.	284 815	285 522
Frais d'entretien et de conduite des machines. .	113 205	139 209
Frais de chauffage.	284 208	329 700

Pour le chauffage employé :	1842,	1843.
	hectol.	hectol.
Coke.	128 576	142 752.50
	st.	st.
Bois.	854	1 042
Pour l'allumage :		
	hectol.	
Charbon.	53	
	hectol.	hectol.
Coke.	1 970	1 972
	st.	st.
Bois.	38.50	41.80

Habillements.	24 390	21 823
Administration générale.	64 018	72 205
Intérêts, fonds de réserve, amortissement. . .	275 868	322 122
	fr.	fr.
Recette.	2 015 164	2 570 031
Dépense.	1 386 367	1 441 957
Recette nette.	628 797	1 128 074
Dividende distribué aux actionnaires de 4fr.50 pour 100 en 1842 et de 6 pour 100 en 1843. . .	499 500	666 000
Versé à la caisse de réserve.	129 297	462 074

La fréquentation dans les différentes classes de voitures a été en :

	1842.		1843.	
	Nombre de voyageurs.	Pour 100.	Nombre de voyageurs.	Pour 100.
1re classe.	9 071	2.80	10 828	3.20
2e classe.	94 059	29.60	109 820	32.10
3e classe.	215 529	67.60	221 326	64.70

En 1841, depuis le 10 septembre, on a transporté 94 213 voyageurs.

Le tableau suivant donne pour 1842 les frais d'entretien des différentes voitures :

	FRAIS de réparation.	KILOMÈTRES parcourus.	MOYENNE charge par voiture.	DÉPENSE par kilomètre.
	fr.	kilom.	voyag.	cent.
Voitures de 1re classe. . . .	1 343	203 049	5.46	0.643
Id. de 2e classe.	4 606	700 395	13.38	0.638
Id. couvertes de 3e classe.	4 866	616 635	16.25	0.767
Id. ouvertes de 3e classe. .	348	330 724		0.100
			kilog.	
Waggons de marchandises.	24 812	2 776 117	1 061	0.870
	35 975	4 626 917	»	0.756

La dépense pour le graissage a été par voiture et par kilomètre 0c.164.

Pour chaque kilomètre utilement parcouru il y avait :

	k.
71 11 voyageurs qui pesaient.	5 333
Plus un poids de marchandises de.	8 530
Les voitures pesaient.	40 640
Poids total ou brut.	54 503

et qui est 3.93 fois le poids net.

En 1843 il y a eu 668 convois de marchandises, 73 convois mixtes, 1 280 convois de voyageurs, et 22 convois spéciaux ; sur cela il y en a eu 156 que l'on a été obligé de diviser en deux, à cause de leur charge.

Le tableau suivant donne les principaux résultats de l'exploitation pendant les années 1842, 1843 :

	1842.	1843.
	kilom.	kilom.
Kilomètres réellement parcourus.	400 777	487 357
Kilomètres utilement parcourus par les locomotives.	363 932	427 972
Poids total brut des voyageurs, bestiaux, marchandises, waggons, etc., transportés à 1 kilomètre.	tonn. 19 544 240	tonn. 26 130 140
Frais de réparation des machines par kilomètre utilement parcouru.	fr. 0 0646	fr. 0 0816
Changements aux machines, fournitures.	0.0103	0.0183
Main-d'œuvre pour nettoyage, graissage, pomper l'eau.	0.0454	0.0347
Salaire des mécaniciens, chauffeurs. . . .	0.1000	0.0836

	1842.	1843.
	fr.	fr.
Chauffage y compris celui des machines d'attente	0.6860	0.6700
Entretien en huile et étoupes	0.0603	0.0340
Frais totaux de la traction par kilomètre utilement parcouru	0.9666	0.9222
	hectol.	hectol.
On a employé en houille anglaise	114 429.60	134 345.76
Qui a donné en coke préparé à Berlin et Wittenberg	136 333.00	158 652.53
	fr.	fr.
Le prix de la houille par hectolitre a été	2.23	2.15
Celui du coke sur le tender est revenu à	2.09	2.05
On a brûlé en coke, y compris les machines d'attente, par kilomètre utilement parcouru	litres 35.30	litres 33.50
	stère	stère
Et en bois	0.00234	0.00243
	kilog.	kilog.
On a employé en huile	0.047	0.045
Les frais totaux d'exploitation sont, non compris les intérêts, par kilomètre	fr. 3.050	fr. 2.610
	voyag.	voyag.
Nombre de voyageurs qui ont fréquenté le chemin	318 659	341 974
	fr.	fr.
Recette correspondante	1 400 276	1 565 000
Dépense correspondante	815 243	659 810
	kilom.	kilom.
Longueur utilement parcourue par les trains des voyageurs	254 812	257 890
Voyageurs qui ont parcouru réellement toute la ligne	114 952	130 252
Voyageurs qui n'ont parcouru qu'une partie	203 707	211 722
Moyenne équivalente qui aurait parcouru toute la ligne	174 857	192 543
	voyag.	voyag.
Nombre de voyageurs transportés à un kilomètre	25 878 858	28 496 394
	kilom.	kilom.
Longueur moyenne parcourue par chaque voyageur	81.20	83.30
	fr.	fr.
Dépense faite par voyageur et par kilomètre, non compris les intérêts	0.0311	0.0231
Recette faite par voyageur et par kilomètre	0.054	0.055
	tonn.	tonn.
Marchandises ordinaires transportées	20 185.80	43 085.10
Marchandises accélérées	1 164.60	1 546.60
	fr.	fr.
Recette correspondante	469 778	872 856
	kilom.	kilom.
Longueur utilement parcourue par les trains des marchandises	109 120	170 082
	tonn.	tonn.
Quantité ayant réellement parcouru la ligne entière	13 475.00	26 294.00
Quantité n'ayant parcouru qu'une partie	7 975 40	18 337.10
Nombre de tonnes transportées à 1 kilom.	2 484 753.00	5 174 189.00

	1842.	1843.
	kilom.	kilom.
Chaque tonne a parcouru.	116.40	116.00
Dépense faite, non compris les intérêts.	fr.	fr.
par tonne et par kilomètre.	0.1350	0.084
Recette par tonne et par kilomètre.	0.1895	0.169

Il y avait tous les jours 4 convois qui desservaient 10 stations, y compris les deux stations extrêmes.

Le tableau suivant donne le temps du parcours et le prix des places :

DE BERLIN A	DISTANCES.	TEMPS du parcours.		KILOMÈTRES parcourus par heure.	PRIX DES		
					1re.	2e	3e
	kilom.	h.	m.	kilom.	fr.	fr.	fr.
Interbock. . .	59	1	45	32.20	6.80	4.30	2.70
Cœthen. . . .	150	4	45	31.10	14.80	9.85	6.15
Magdebourg.	200	6	»	33.30	17.25	11.70	7.40
Halle.	185	5	45	32.20	18.35	12.20	7.60
Leipzig. . . .	213	6	30	32.80	20.30	13.55	8.65

Dans le temps du parcours n'est pas compris l'arrêt que l'on fait à Cœthen, de 45′ environ, pour changer de voiture.

On va aujourd'hui de Leipzig à Hanovre en 13 heures; la distance totale est de 363 kilomètres, ou 91 lieues.

Pour chaque 5 kilogrammes d'excédant de bagage on paye 0fr.55 de Berlin à Magdebourg, et 0fr.85 de Berlin à Brunswick.

Pour les marchandises ordinaires on paye à peu près 0fr.19 par tonne et par kilomètre; pour les marchandises accélérées on paye 0fr.32.

De Berlin à Magdebourg et à Halle on paye par tonne 34 francs pour les marchandises ordinaires, et 54fr.50 pour les marchandises accélérées; de Berlin à Leipzig on paye 38fr.70 et 63 francs.

11° *Chemin de fer de Magdebourg à Leipzig.*

En juin 1836, il se forma une société au capital de 8 510 000 fr. pour construire le chemin de Magdebourg à Leipzig, Pl. 94; en novembre 1837, la concession lui en fut accordée, et en avril 1838 on mit la main à l'œuvre : la partie du chemin qui entre dans les fortifications de Magdebourg a été construite sous la surveillance immédiate du génie militaire prussien.

La construction des 11^{km}.50 qui s'étendent des frontières saxonnes à Leipzig, et qui avaient été concédées par le gouvernement saxon à la compagnie du chemin de Dresde, fut faite par la compagnie de Magdebourg moyennant un forfait de 1 156 989 francs; la jouissance exclusive de cette partie est en outre réservée à la compagnie prussienne, qui devra seulement verser à la compagnie saxonne la moitié de la recette brute. (*Voir* ci-après page 387.)

Le 29 juin 1839 on livra les premiers 15 kilomètres jusqu'à Schœnebeck.

L'insuffisance du capital primitif ayant été constatée, il fut décidé le 27 février 1840 qu'on ferait une émission de 27 000 actions de 370 francs chacune, auxquelles on assurait un intérêt de 4 pour 100 sur les recettes nettes; cependant on émit seulement 18 000 de ces actions.

Le 18 août 1840, la ligne fut livrée au public sur toute la longueur.

La deuxième voie a été posée et livrée le 15 mai 1843.

La longueur totale de ce chemin comprend :

83 925 mètres dans le royaume de Prusse.
22 864 mètres dans la principauté d'Anhalt-Cœthen.
11 535 mètres dans le royaume de Saxe.

118 324 mètres pour la longueur totale.

Les dépenses faites à la fin de 1843 peuvent être évaluées ainsi, quoique les décomptes des travaux ne soient pas encore arrêtés :

	fr.
Études, faux-frais, intérêts du capital pendant la construction, etc.	630 746
Indemnités de terrains	1 467 657
Construction du chemin, terrassements, ouvrages d'art	2 740 338
Pose de la première voie	3 393 985
Pose d'une seconde voie	2 963 289
Bâtiments divers et sept stations	1 052 820
Matériel d'exploitation	2 175 615
Établissements pour la fabrication du coke	74 773
Ateliers de réparations	134 073
Total des dépenses	14 633 296

Les estimations primitives étaient de 8 510 000 francs.

L'are de terrain a coûté en moyenne 39fr.50, au minimum 11fr.85, et au maximum 77fr.60; les terrassements ont coûté de 0fr.20 à 0fr.40 par mètre cube, pour une distance de transport de 19 mètres, et de 1fr.97 à 2fr.21 pour 1 970 mètres; il y a 1 710 000 mètres cubes de terrassements et 36 800 mètres cubes de maçonnerie.

Le capital social fut porté à	15 170 000 fr.
Savoir : pour les 23 000 actions primitives	8 510 000
Et pour les 18 000 actions privilégiées	6 660 000
A cela il faut ajouter encore les 11km.5 de la partie Saxonne	1 156 989

Les terrassements ne sont pas d'une grande importance; le plus grand remblai a 9m.40 de haut sur 715 mètres de longueur. Le déblai maximum a 5m.80 de profondeur sur 1 500 mètres de longueur; la largeur en couronnement est 6m.92.

Les seuls ouvrages importants sont :

La station de Magdebourg, qui a été en partie empruntée sur le lit de l'Elbe, et qui est soutenue par un mur de quai de 567 mètres de long et de 5m.30 de haut au-dessus de l'étiage, lequel est fondé tantôt sur le rocher, tantôt sur des pilotis et des caissons;

Le pont sur la Saale, à deux voies, de 520 mètres de long, qui a 5 piles en maçonnerie dans le lit de la rivière et 22 dans la plaine adjacente, et dont la dépense s'est élevée à 303 430 francs.

Il y a sur la ligne 43 petits ponts, 53 passages, et des routes d'état la traversent en cinq points.

La plus grande pente est de $3^{mm}.6$ sur $5^{km}.27$; il y a sur la ligne 24 courbes, qui ont une longueur ensemble de $22^{km}.40$ (*voir* le profil en long, Pl. 94, *fig.* 1).

Les rayons sont en général de 2 260 mètres; en deux points seulement ce rayon descend à 940 mètres; les courbes dans les stations, qui ne servent qu'au mouvement lent des locomotives et des tenders, ont 55 mètres de rayon. Les rails sont ceux de la forme dite *rail oméga* ou *bridge-rail*, et pèsent $20^{kg}.80$ par mètre; ils reposent sur des longrines en pin qui elles-mêmes sont placées sur des traversines en chêne espacées de $2^{m}.35$ en $2^{m}.35$. La seconde voie, qui fut posée en 1842, a été faite avec des rails dans le système Vignoles, qui pèsent $26^{kg}.80$ par mètre, et reposent seulement sur des traversines en chêne, qui ne sont dans ce cas qu'à $0^{m}.95$ les unes des autres. Déjà, en 1844, on a été obligé de reconstruire 30 kilomètres du premier système de voie, ce qui doit coûter 232 000 francs.

La compagnie avait, en mai 1844, 20 locomotives, dont 4 à détente fixe, 18 anglaises et une qui provient de ses propres ateliers de Buckau, près de Magdebourg; 15 tenders, 96 voitures pour les voyageurs, dont 8 de 1re classe, 26 de 2e et 62 de 3e, sur lesquelles 20 seulement sont couvertes. On a essayé de faire 20 waggons pour marchandises à 8 roues, et l'on s'en est bien trouvé; en dernier lieu on a aussi fait les voitures de voyageurs en tôle de $3^{mm}.27$ d'épaisseur, et en carton de $6^{mm}.55$; sur 3 voitures, une a un frein; les roues des waggons de marchandises ont $1^{m}.10$ de diamètre. On a mis en usage ici des ressorts patentés d'Adam, qui ont une épaisseur uniforme de $0^{m}.0148$, une largeur de 0^{m} 236 au milieu, et de $0^{m}.131$ aux extrémités. Il y a en outre 142 voitures soit pour les marchandises, soit pour un autre usage, et 98 autres que cette compagnie possède en commun avec celle de Dresde.

Le chauffage se fait avec du coke, préparé au moyen de la houille anglaise dans l'établissement de Buckau, qui est parfaitement bien organisé : ce coke revient à 1fr.63 par hectolitre ; auparavant, celui tiré d'Angleterre coûtait 1fr.91.

Le nombre des employés permanents est de 236; on emploie en outre de 230 à 240 ouvriers par jour.

Le tableau suivant donne les recettes faites :

RECETTES POUR :	1841.	1842.	1843.
	fr.	fr.	fr.
Transport des voyageurs	983 345	1 134 228	1 276 822
Transport des bagages	23 650	29 533	38 476
Transport des équipages	30 162	45 214	48 041
Transport des marchandises accélérées	31 469	41 244	55 252
Transport des bestiaux et autres	1 935	5 246	23 321
Transport des marchandises	455 696	643 434	997 639
Transport des matériaux de construction	»	22 200	»
Loyers divers	1 166	1 099	640
Recettes diverses, gains, etc.	32 760	15 581	37 107
Totaux	1 560 183	1 937 779	2 477 298

Les frais d'entretien et d'exploitation ont été :

DÉPENSES POUR :	1841.	1842.	1843.
	fr.	fr.	fr.
L'administration générale	50 697	48 229	49 092
Entretien du chemin et des bâtiments	236 408	170 666	272 649
Personnel attaché aux transports, etc.	131 213	137 770	126 888
Coke	259 966	299 619	272 035
Bois pour allumer, huile, graisse, chanvre, etc.	44 489	41 162	57 061
Entretien des locomotives et tenders	57 783	86 739	96 248
Id. des voitures de voyageurs	24 035	23 291	39 498
Id. des voitures de marchandises	16 894	30 444	35 809
Id. des voitures en commun avec le chemin de Berlin à Cœthen	»	9 494	5 987
Éclairage du chemin et des stations	7 467	7 030	7 115
Dépenses diverses pour assurances, habillements, gratifications, indemnités pour les postes saxonnes, loyer de la gare de Leipzig, secours aux veuves des employés	48 892	44 944	49 802
Total des frais d'exploitation (*à reporter*)	877 844	899 388	1 012 184

DÉPENSES AUTRES POUR :	1841.	1842.	1843.
	fr.	fr.	fr.
Report.	877 844	899 388	1 012 184
Intérêts des actions privilégiées	102 823	100 707	241 144
Amortissement des actions privilégiées	38 850	40 330	36 260
Part de la compagnie de Leipzig à Dresde pour la partie saxonne	77 015	98 705	129 322
Dépense totale	1 096 532	1 139 130	1 418 910
Recette correspondante	1 560 183	1 937 779	2 477 298
Recette nette	463 651	798 649	1 058 388
Dividende distribué aux actionnaires	425 500 ou 5 p.100	595 700 ou 7 p. 100	851 000 ou 10 p. 100
Reste pour la caisse de réserve	38 151 fr.	202 949 fr.	207 388 fr.
Rapport des dépenses aux recettes	56.71	48.74	44.52
Kilomètres parcourus utilement	304 036 k.	390 461 k.	484 633 k.
Recettes de l'exploitation par kilomètre	5f.03	4f.92	5f.02
Dépenses d'exploitation (intérêts, amortissement y compris) par kilomètre	3f.53	2f.34	2f.20
Litres de coke brûlés par kilomètre	391.2	371.6	261 9
Dépenses correspondantes	0f.855	0f.752	0f.550
Dépenses pour entretien des machines et tenders, par kilomètre	0f.185	0f.217	0f.196
Entretien du chemin seulement par kilomètre de long.	1 185 fr.	604 fr.	1 157 fr.
En 1843, on a remplacé 3 500 longrines pourries.			

Le nombre de voyageurs est donné par le tableau suivant :

CLASSES.	1841.		1842.		1843.			
	Nombre de voyageurs.	Pour 100.	Nombre de voyageurs.	Pour 100.	Nombre de voyageurs.	Pour 100.	Transport à 1 kilomèt.	Pour 100.
1re classe.	5 721	1.11	11 133	2.04	13 046	2.12	787 182	3.25
2e classe.	125 300	24.49	165 831	30.44	187 557	30.21	9 276 351	38.25
3e classe.	380 543	74.40	367 818	67.52	420 023	67.67	14 159 693	58.50
	511 564	100	544 782	100	620 626	100	24 223 226	100

TRANSPORTS.	1841.	1842.	1843.
Kilomètres parcourus par les convois de voyageurs et de marchandises accélérées.	220 024	239 539	
Voyageurs transportés à 1 kilomètre.	19 468 771	21 715 801	24 223 227
Voyageurs qui auraient parcouru la ligne totale.	167 042	186 320	207 835
Kilomètres parcourus par chaque voyageur. .	31.10	39.70	39.10
Tonnes transportées.	28 540.70	44 563.60	74 736.70
Équipages.	1 050	1 817	1 942
Kilomètres parcourus utilement par les convois de marchandises.	84 012	150 822	
Tonnes transportées à 1 kilomètre.	2 580 512 t.	3 685 673	6 012 186
Tonnes qui auraient parcouru la longueur totale.	22 140	31 623	51 584
Kilomètres parcourus par les équipages. . .	»	110 341	118 311

En 1843, le nombre de kilomètres utilement parcourus a été en tout 484 633; les voitures de 1re classe ont rapporté 6 pour 100, celles de 2e 48 pour 100, et celles de 3e 46 pour 100.

En 1840, on a transporté 353 201 voyageurs, 5 383t.5 de marchandises et 346 équipages.

Depuis peu on a appliqué la détente aux locomotives, et on a mis au cendrier un registre que l'on ouvre plus ou moins, suivant que l'on veut activer plus ou moins le feu, ce qui a permis une notable économie de combustible. On a donné aux conducteurs des locomotives qui ne brûlaient moyennement par mois, par kilomètre parcouru, que

	kilog.	kilog.		fr.
De	6.25	à 7.00	de coke une prime	de 18.50
De	7.00	à 7.50	*id.*	de 14.80
De	7.50	à 8.20	*id.*	de 11.10
De	8.20	à 8.90	*id.*	de 7.40
De	8.90	à 9.40	*id.*	de 3.70

Auparavant on brûlait de 10kg.15 à 10kg.80; aujourd'hui on ne brûle plus moyennement que de 6kg.50 à 7 kilogrammes, par suite des primes et des registres des cendriers.

De chaque extrémité il part tous les jours 3 convois; les prix et le temps du parcours sont ainsi réglés, avec 23kg.4 de bagage. (Pour chaque excédant de bagage de 4kg.67, on paye 0fr.30 entre Magdebourg et Leipzig.)

DE Magdebourg à	DISTANCES.	TEMPS du parcours.		KILOMÈTRES par heure.	PRIX DES		
					1res.	2es.	2es.
	kilom.	h.	m.	kilom.	fr.	fr.	fr.
Cœthen. . .	50	1	12	41.60	4.95	3.27	2.12
Halle. . . .	85	2	20	36.50	8.35	5.56	3.51
Leipzig. . .	118	3	7	38.00	11.60	7.75	4.84

De Magdebourg à Cœthen, j'ai mis $1^h.20$, et nous avons perdu 7 minutes pour trois stations ; la vitesse moyenne réelle du parcours était donc de $38^{km}.50$ à l'heure

Les prix par kilomètre sont : $9^c.82$, $6^c.57$ et 4^c 10.

Entre Magdebourg et Leipzig, par tonne :

	fr.
Le prix du transport des marchandises accélérées est de	34.50
Des marchandises ordinaires.	19.36
Des produits du pays.	16.33

ce qui fait par kilomètre 27 centimes, $16^c.4$ et $13^c.8$.

12° *Chemin de fer de Magdebourg à Halberstadt et vers Brunswick.*

Le 10 avril 1841, les états de Prusse, de Hanovre et de Brunswick s'engagèrent à exécuter une ligne de fer qui relierait Magdebourg à Minden, en passant par Oschersleben, Brunswick et Hanovre. (*Voir* ci-après pages 416, 419 et 422.)

La partie prussienne de la ligne de Magdebourg à Brunswick, qui s'étend jusqu'à Grosse-Oschersleben et l'embranchement sur Halberstadt, Pl. 94, fut classée par un ordre émané du roi le 14 janvier 1842, et la même année une compagnie se chargea de l'exécuter ; la ligne totale jusqu'à Wolfenbuttel fut livrée au public le 15 juillet 1843.

La longueur de la ligne de Magdebourg à Brunswick est de $103^{km}.1$, c'est-à-dire :

	kilom.
De Brunswick à Wolfenbuttel	11.8
De Wolfenbuttel à Oschersleben	53.3
D'Oschersleben à Magdebourg	38.0

l'embranchement d'Oschersleben à Halberstadt a 20^{km}.1.

Les 58 kilomètres de Magdebourg à Halberstadt ont fait porter le capital de la compagnie à 6 290 000 francs, mais on n'a réalisé que 15 747 actions à 370 francs, qui ont suffi à l'achèvement complet de la ligne.

Le 30 avril 1844, les dépenses faites ont été :

Pour 682 000 mètres cubes de terrassements	425 763 fr.
Indemnités de terrains	560 757
Ponts et passages	83 102
Traversées de chemins	51 186
Travaux de la voie	225 100
Bois pour la voie	470 559
Rails	1 136 015
Coussinets	76 560
Chevilles, vis, etc	63 751
Bornage	31 365
Station de Halberstadt	242 742
Id. d'Oschersleben	174 155
Bâtiments de Magdebourg	204 806
Autres stations	42 043
Machines et voitures	814 555
Dépenses générales	189 873
	4 792 332
De plus, pour le service des intérêts, pour divers autres comptes	982 520
Ce qui fait un total de	5 774 852

qui a été versé dans la caisse de la compagnie.

Les ouvrages d'art et terrassements n'y ont rien de remarquable, mais les bâtiments des stations ont une certaine importance; sur la ligne principale les terrassements sont faits pour deux voies, avec une largeur de 7^{m}.55; l'embranchement n'est fait que pour une voie. La plus grande pente est de 3^{mm}.33 à 11 kilomètres environ d'Oschersleben vers Magdebourg, ce qui est très-faible, vu

surtout la proximité des montagnes du Harz. Le plus petit rayon de courbure est de 1 100 mètres, Pl. 94, *fig.* 5.

Les rails sont dans le système Vignoles : ils reposent à leur rencontre sur des longrines fort courtes, et à leur milieu sur des traversines espacées de $0^{m}.945$. Chaque rail a $4^{m}.70$ de long, et le mètre courant pèse $26^{kg}.8$; la dépense de la voie a été estimée à 34 francs le mètre.

Entre Magdebourg et Brunswick on n'a encore posé qu'une voie.

Il y a 6 locomotives avec autant de tenders, 10 voitures de voyageurs de première et de deuxième classe, 7 de troisième couvertes, 15 de troisième découvertes, 7 waggons à 8 roues couverts pour marchandises, 12 waggons à 4 roues découverts pour marchandises, 3 charrues à déblayer la neige, 2 voitures à bagages et 2 à chevaux, et 34 voitures en commun avec le chemin de Brunswick en usage entre Magdebourg et Halberstadt. Les voitures des voyageurs sont à 6 roues, avec des ressorts du système Adam, qui donnent plus de facilité pour le mouvement dans les courbes.

Les résultats de l'exploitation de ce chemin sont peu intéressants, puisqu'il n'a pas encore une année d'existence; cependant, du 16 juillet au 31 décembre 1843, on a perçu :

Pour 111 894 voyageurs.	169 416 fr.
Pour 1 147^{ton} 9 de marchandises.	35 997
Recettes diverses.	1 284
Total.	206 697
On a dépensé 47 349 fr. pour l'entretien du chemin et des bâtiments, 53 173 fr. pour les frais de transport, et en tout.	153 128
La recette nette est donc de.	53 569

Les locomotives ont parcouru 41 573 mètres ; 100 voyageurs ont été distribués ainsi dans les trois classes de voitures :

1re, 1.60; 2e, 28.20; 3e 70.20.

Chaque voyageur a parcouru en moyenne 28^{km}.60, et le nombre des voyageurs qui auraient parcouru la ligne entière est de 57 704.

Le prix des places et le temps du parcours est ainsi réglé :

	DISTANCES.	TEMPS du parcours.	KILOMÈTRES par heure.	PRIX DE 1re cl.	PRIX DE 2e cl.	PRIX DE 3e cl.
De Brunswick à :	kilom.	h. m.	kilom.	fr.	fr.	fr.
Oschersleben.	65	2 »	32.5	6 45	4.30	2.80
Halberstadt.	85	2 45	30.8	8.61	5.55	3 70
Magdebourg.	103	3 15	31.7	10.05	6.78	4.33
De Magdebourg à :						
Oschersleben.	38	1 15	30.4	3.63	2.42	1.52
Halberstadt.	58	2 »	29.0	5.45	3.63	2.42

Pour 100 kilogrammes et par kilomètre on paye 2^{c}.62 pour les marchandises accélérées, 1^{c}.62 pour les marchandises ordinaires, et 1^{c}.35 pour les produits du pays, plus 6 centimes pour charge et décharge. Pour chaque excédant de bagage de 4^{kg}.67 on paye, de Magdebourg à Brunswick, 0^{fr}.302; les voyageurs ont 22^{kg}.4 de bagage franc.

13° *Chemin de fer de la Thuringe ou de Halle à Gestungen.*

Déjà le 20 décembre 1841, les états de Prusse, de la Hesse-Électorale, de Saxe-Weimar-Eisenach et de Saxe-Cobourg-Gotha s'étaient entendus pour étudier un chemin de fer reliant Halle à Cassel, et passant par Weissenfels, Naumbourg, Weimar, Erfurt, Gotha et Eisenach.

Les études furent faites au commencement de 1843, aux frais des états, jusqu'aux frontières de la Hesse, et on reconnut qu'il n'y aurait pas de grandes difficultés à vaincre;

un seul tunnel de 103m.70 de long fut reconnu nécessaire.

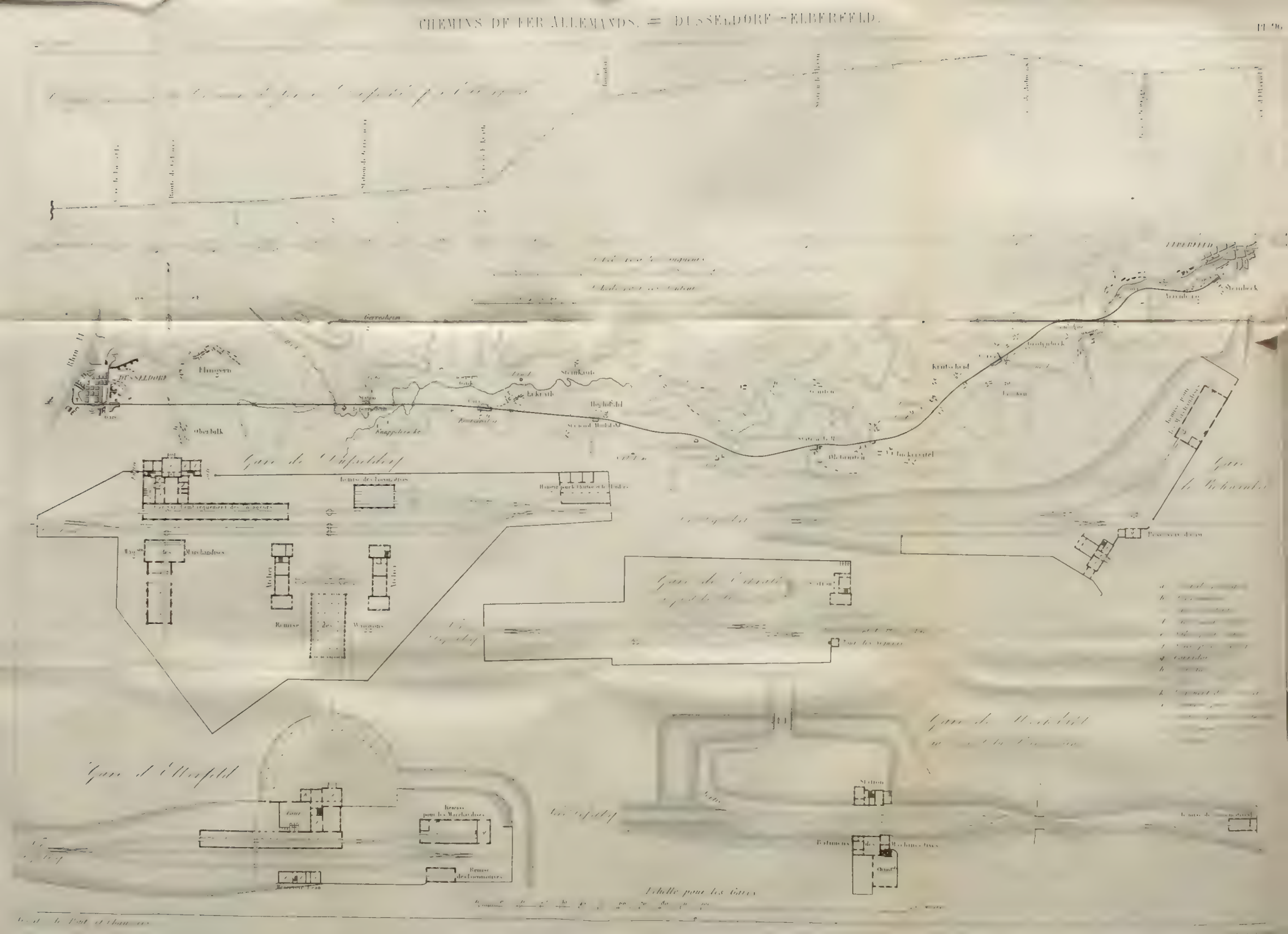
Le 19 avril 1844, il fut fait une convention entre la Prusse et les deux états de Saxe, par laquelle on s'engagea à concéder cette ligne d'abord de Halle jusqu'à Eisenach, puis à la conduire jusqu'aux frontières de Hesse pour le prolonger ultérieurement soit sur Cassel par Rotenbourg, soit sur Bamberg par Meinungen. Les états contractants s'engagèrent à fournir le quart de l'évaluation des travaux estimés, à 32 400 000 francs, entre Halle et Eisenach; la Prusse souscrivit pour 2 997 000 francs, Saxe-Weimar pour 3 240 000 francs, et Saxe-Cobourg pour 2 063 000 francs. On garantissait en même temps un intérêt de 3 pour 100 pour les 3/4 des actions laissées à l'intérêt privé des actionnaires.

La première réunion des actionnaires eut lieu le 3 août 1844 à Erfurt, et le 20 août la concession de la ligne fut octroyée. A la fin de 1844 on avait déjà mis la main à l'œuvre pour la construction des ouvrages d'art dans les états de Saxe.

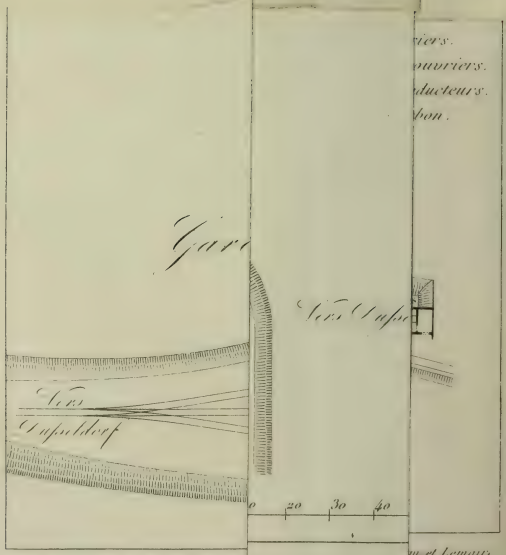
Les principales villes par lesquelles le tracé passe, et leur distance sont :

	kilom.
De Halle à Merseburg	14.80
De là à Weissenfels	18.50
De là à Naumbourg	14.80
De là à Kœsen	7.40
De là à Sadtsulza	7.40
De là à Adolpha	11.10
De là à Weimar	14.80
De là à Vieselbach	11.10
De là à Erfurt	11.10
De là à Neudietendorf	11.10
De là à Gotha	14.80
De là à Mechterstedt	14.80
De là à Eisenach	11.10
De là à Gestungen	18.50
Total	181.30

CHEMINS DE FER ALLEMANDS. = DUSSELDORF - ELBERFELD.



LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY of ILLINOIS



A Gestungen est le point d'arrêt d'où partent des études de chemins, soit sur Cassel, soit sur Bamberg. (*Voir* ci-après pages 401 et 425.)

Le tracé suit la vallée de la Saale, qui est très-resserrée et bordée par des rochers à pic qui ont souvent 38 mètres de hauteur, on franchit cinq fois cette rivière; de la vallée de la Saale on passe dans celle de l'Ilm. A Weimar on franchit un faîte avec une tranchée de 19 mètres dans le rocher; on passe ensuite dans la vallée de la Gera, où il y a souvent des déblais de $15^{m}.7$ et des remblais de 5 mètres à $9^{m}.50$. Les plus grandes pentes adoptées sont de 5 millimètres; les rayons de courbure ont en général 1 100 mètres, quelques-uns descendent à 740 mètres et à 925 mètres.

14° *Chemin de fer de Dusseldorf à Elberfeld.*

Dès 1832 les chambres du commerce de Dusseldorf et d'Elberfeld commencèrent à agiter la question d'un chemin de fer pour réunir les deux villes, Pl. 96; mais ce n'est qu'en octobre 1835 qu'eut lieu une réunion d'actionnaires qui obtinrent la concession de la ligne en février 1837. Le tracé de cette ligne offrait de grandes difficultés; on avait le choix entre deux directions : l'une directe, passant par le faîte de la chaîne de montagnes qui sépare la vallée du Wupper de celle du Rhin, et qui est à 185 mètres au-dessus du niveau de la mer, à $150^{m}.50$ au-dessus de Dusseldorf et à 44 mètres au-dessus d'Elberfeld; l'autre faisant un grand détour, et suivant par Opladen la vallée du Wupper : on renonça à cette dernière direction à cause des contours brusques de cette rivière, qui sur un assez long parcours est resserrée entre des masses de rochers qui s'élèvent à pic.

Cependant le tracé direct offrait aussi de grandes difficultés; à partir du point culminant, on trouvait des pentes

vers Dusseldorf et vers Elberfeld, que l'on croyait alors insurmontables par des locomotives : on adopta l'idée de deux plans inclinés avec machines fixes, l'un près d'Erkrath, de 2 450 mètres de longueur, avec une pente de 33^{mm}.3 vers Dusseldorf, l'autre près de Bohwinkel, de 1 655 mètres de longueur, avec une pente de 22^{mm}.2. Après avoir fait plusieurs autres projets qui tous présentaient des tunnels, des viaducs et des pentes de 6^{mm}.67, on avait proposé, entre autres, un tracé qui, à la place du plan incliné d'Erkrath, donnait par des développements de courbes bien ménagés une rampe de 8 millimètres sur 10 600 mètres de longueur. L'allongement n'était que de 785 mètres; mais avant de mettre la main à l'œuvre, on voulut avoir l'avis de M. Robert Stephenson, qui, après avoir envoyé sur les lieux M. Routh, fut d'avis de faire exécuter le plan incliné d'Erkrath, mais de substituer à celui de Bohwinkel une pente de 11^{mm}.11 sur une longueur de 3 300 mètres, parce que, disait-il, cette pente n'offrait pas d'inconvénients sur une aussi faible longueur, alors que des pentes de 4 millimètres étaient adoptées sur une longue étendue : on exécuta donc le premier plan incliné, mais à la place du second on ne fit qu'une pente de 7^{mm}.69 sur 2 310 mètres.

On mit la main à l'œuvre en janvier 1838, et en septembre 1841 le chemin fut ouvert sur toute sa longueur.

Depuis la station de Dusseldorf jusqu'au port sur le Rhin, le chemin n'est exploité que par des chevaux pour le transport des marchandises.

La longueur totale de la ligne est de 26 500 mètres.

On avait estimé la partie de Dusseldorf à Bohwinkel à.	1 541 734 fr.
Et celle de Bohwinkel à Elberfeld à.	2 075 452
Total.	3 617 186

Mais d'après M. Reden, les dépenses réelles jusqu'au 1er avril 1844 ont été, savoir :

	fr.
Pour avances.	405.52
Dépenses de construction.	4 696 996 70
Machines, wagons, stations, etc.	1 456 030.66
Frais d'administration, de bureau, etc.	228 233.51
Remboursement des premières actions privilégiées. . . .	2 236 328.10
Intérêt du capital.	505 586.87
Gares pour les voitures de chargement et de déchargement.	169 871.56
Dépenses à solder.	103 230.00
Formation d'un fonds de réserve.	128 631.12
Total.	9 525 314.04
Les sommes perçues sont.	9 612 773 90
Capital restant.	87 461.71

La dépense par kilomètre est donc de 356 655 francs.

On a acheté 67 hectares 60 ares pour le corps du chemin, et 27 hectares 70 ares pour les accessoires; il est resté 24 hectares 80 ares sans emploi. L'achat des terrains a coûté 413 338 fr., ou 4 310 fr. en moyenne l'hectare; ce prix a varié de 725 fr. à 23 500 fr.

Pour les terrassements, on a dépensé 1 559 879 fr.; les ouvriers à la journée ont été payés 1fr.85, ceux à la tâche 2fr.65 : l'estimation primitive ne portait cette dépense qu'à 678 346 fr.

Le capital social a été formé par 10 278 actions fondamentales, par 6 000 actions privilégiées d'abord, et par 10 000 actions privilégiées postérieures de 370 fr. chacune. On avait compté sur un mouvement de 60 000 voyageurs et 67 500 tonnes de marchandises.

Les terrassements sont les plus considérables que l'on ait faits sur les chemins allemands, si l'on excepte toutefois le chemin d'Eupten à Cologne; on voit se suivre des déblais et des remblais considérables à travers les rochers de transition de la Grauwack. La largeur des ouvrages en crête n'est que de 3m.76, et seulement dans les gares d'évitement elle est portée à 6m.58; on a donné 2m.20 en gueule aux contre-fossés, mais cette largeur a été bien

réduite dans les déblais de rocs, qui souvent ont $11^{m}.50$ de profondeur.

Les remblais ont un talus de 1.50 et les déblais de 1.25. Dans les tranchées où l'on a rencontré de l'argile et du sable, il y a eu souvent des éboulements, et l'on a déjà eu beaucoup de peine à maintenir les talus. Le plus petit rayon de courbure a 470 mètres; les parties courbes font les 0.36 de la longueur totale.

L'ouvrage le plus important de la ligne est le viaduc de Somborn sur le Wupper, de six arches de $14^{m}.10$ d'ouverture, de $21^{m}.30$ de hauteur, de 116 mètres de longueur, et de $5^{m}.33$ de largeur de tête en tête : il a été bâti en pierres de taille, et a coûté 333 000 fr.

La voie est formée par des rails pesant $20^{kg}.50$ par mètre, assujettis avec des coins en fer intérieurs dans des coussinets qui pèsent $7^{kg}.25$ et $6^{kg}.81$, et qui reposent alternativement sur des longrines de $1^{m}.90$ de longueur, et trois traversines éloignées entre elles de $0^{m}.82$. Les rails sont de fabrique indigène, et ont coûté $35^{fr}.40$ les 100 kilogrammes; les coussinets ont coûté $29^{fr}.90$ les 100 kilogrammes.

Le plan incliné de 2 450 mètres de longueur, avec $33^{mm}.33$ de pente entre Erkrath et Hochdahl, est le premier qui ait été exécuté en Allemagne : sur chaque voie il y a 259 poulies espacées de $9^{m}.40$; leur diamètre est de $0^{m}.314$, et celui des tourillons est de $0^{m}.0154$; elles pèsent 19 kilogrammes. Au sommet du plan incliné il y a 2 poulies plus grosses de $0^{m}.94$ de diamètre, avec des tourillons de $0^{m}.0392$ et du poids de 150 kilogrammes; au delà, sur la partie horizontale jusque vers la machine, il y a encore de chaque côté 9 petites poulies ordinaires. La corde n'est pas sans fin, et les départs des convois de chaque extrémité sont réglés de manière à ce qu'ils se croisent sur le plan; chaque convoi est alors attaché à une des extrémités de la corde, et le convoi de descente vient en aide à celui de montée : il arrive quelquefois qu'il y a ainsi un retard

d'une demi-heure. Les signaux sont transmis, comme au plan de Liége, par un sifflet qui agit par une cloche hydraulique et un long tuyau.

La corde primitive, fabriquée en Angleterre avec du chanvre russe, avait, avant que d'avoir servi, $0^{m}.0485$ de diamètre, et une longueur de 2 650 mètres; mais par l'usage elle s'allongea tellement, qu'on fut obligé peu à peu de la raccourcir de 450 mètres, et son poids de 6 000 kilogrammes fut réduit à 5 100 kilogrammes; elle avait coûté 7 770 fr. Plus tard, le 15 août 1842, elle fut remplacée, après s'être cassée plusieurs fois, par une corde métallique en fil de fer fabriquée à Bonn, de $0^{m}.0322$ de diamètre, avec 36 fils de 2 500 mètres de longueur, ne pesant que 6 600 kilogrammes, et coûtant 11 100 fr.

A 94 mètres du sommet du plan, il y a au-dessous du sol 2 poulies de renvoi de $1^{m}.88$ de diamètre, avec un tourillon de $0^{m}.0663$ et un poids de 632 kilogrammes, sur lesquelles passent les cordes pour descendre verticalement sous une voûte et s'enrouler autour de la grande poulie à frottement, dont le diamètre de $3^{m}.45$ est juste égal à l'intervalle des 2 poulies supérieures ou des axes des deux voies. Cette grande poulie, du poids de 1 660 kilogrammes, avec un tourillon de $0^{m}.0914$, reçoit par une corde sans fin le mouvement de la machine à vapeur, et le transmet ainsi à la corde motrice.

Il y a deux machines qui transmettent le mouvement; chacune est de la force de 40 chevaux, et elles ont coûté ensemble 66 600 fr.; les poulies ont coûté 18 130 fr.; les bâtiments, 22 940 fr.

En 1841, une locomotive de Stephenson, sans l'aide de la corde, remonta le plan en 7 minutes 3/4 avec le tender et 2 waggons pesant 7 350 kilogrammes; avec 2 autres waggons du poids de 8 000 kilogrammes, elle a employé 12 minutes; avec 3 waggons de 9 900 kilogrammes, elle

n'atteignit que les 5/8 de la longueur en 12 minutes, et s'arrêta là.

Les 8 locomotives en usage ont presque toutes, en 1843, reçu l'appareil pour une expansion variable; la machine appelée *Mars*, d'après le système américain, a monté en 9 minutes le plan incliné avec 3 waggons chargés pesant 18 050 kilogrammes, et a franchi en 5 minutes la partie roide entre le viaduc du Wupper et Bohwinkel, avec 12 waggons pesant 82 500 kilogrammes.

Il y a 4 voitures de 1re classe, 8 de 2e classe, 27 couvertes de 3e classe, 5 non couvertes de 3e et 4e classe, plus 49 voitures pour bagages, équipages, bestiaux et marchandises.

La compagnie fait elle-même son coke; en 1843, 22 127 hectolitres de houille ont donné 1 480 000 kilogrammes de coke, c'est-à-dire que chaque hectolitre de houille a donné 67 kilogrammes de coke; les 100 kilogrammes de coke reviennent à 2fr.90.

Du 1er septembre 1841 au 1er septembre 1842.

		fr.
La recette totale a été de.		435 866.41
La dépense correspondante a été de.		435 551.30
y compris les intérêts des actions privilégiées, et. . . .		327 107.73
en ne les y comprenant pas.		
Dans la première hypothèse, les dépenses pour 100 sont :	fr.	
Intérêts des actions privilégiées.	24.89	
Entretien du chemin et des bâtiments.	13.08	
Frais d'exploitation proprement dite.	59.23	
Administration générale.	2.80	
	100.00	
L'administration générale a coûté.		11 324.46
Salaires et habillements du personnel.		127 516.31
Entretien du chemin.		51 182 47
Les outils..		4 740 07
Coke (1 834 485kg 75).		64 569.93
Graisse et matière à nettoyer (huile 387kg 45).		13 831.59
Réparation des locomotives et voitures, etc.		41 057 91
		314 222.74

Chaque voyage a brûlé 549^{kg}.66 de coke et employé 1^{kg}.17 d'huile; dans cela sont compris 467 kilogrammes de coke employés par jour par la locomotive de réserve ou d'attente, car un parcours simple n'a employé d'abord que 385^{kg}.27, et plus tard 354^{kg}.92. Cette variation tient à ce que chaque machine consume une quantité différente; ainsi les nouvelles machines de Stephenson ne consument que 301^{kg}.21; celles de Cokerill, 333^{kg}.90; celle de Jacobi, 352^{kg}.58; celle d'Aix-la-Chapelle, 481^{kg}.01, et l'ancienne de Stephenson, 481^{kg}.01.

Exercice 1842.

Dépenses :	fr.
Salaires divers pour l'exploitation	134 239.95
Habillements	5 193.94
Matériaux, combustibles, etc.	127 281.97
Entretien du chemin	51 937.15
Intérêts	198 660.15
Dépenses diverses	32 455.04
Total des dépenses	549 768.20
Total des recettes (y compris un excédant de 1841)	540 805.57
Excédant des dépenses sur les recettes	8 962.63

Dans cette recette il y a :

	fr.	
	368 042.95	pour les voyageurs.
Et.	87 880.30	*id.* marchandises.
Et.	50 025.46	de reliquat sur 1841.

Exercice 1843.

Recettes :	fr.
Pour les voyageurs	331 500.14
Pour les marchandises	187 134.04
Pour bagages, bestiaux, etc.	47 667.96
Recette totale	566 302.14

		fr.
Avances sur 1842		8 962.63
1° Administration du chemin :	fr.	
Salaires et habillements des employés	36 292.93	
Entretien du chemin	40 261.67	
Id. des outils, instruments	2 120.47	
Id. des bâtiments, ponts, etc.	2 963.70	
Dépenses diverses	1 209.90	82 848.67
	82 848.67	
A reporter		91 811.30

		fr.
Report.		91 811.30
2° Frais de transport:		
Salaires, habillements, etc.	79821.33	
Frais pour le combustible, l'huile, fourrage, etc.	81 406.17	
Entretien des locomotives et voitures. . .	40 224.92	
Entretien des outils.	1 794.13	
Éclairage.	2 560.28	
Chauffage des réservoirs et des appartements.	135.17	
Impressions.	2 619.97	
Dépenses diverses	3 274.01	
	211 835.98	211 835.98
3° Dépenses communes.		
Appointements des employés.	17 284.55	
Loyers et impôts.	265.41	
Gratifications, frais de voyage.	420.20	
Fournitures de bureau.	1 085.21	
Intérêts des actions privilégiées.	145 824.40	
Dépenses diverses.	2 428.31	
	167 308.08	167 308.08
Total des dépenses.		470 955.36
Rappel de la recette totale.		566 302.14
Reste pour la recette nette.		95 346.78

avec laquelle on a pu payer aux 10 278 actions primitives un dividende de 2$^{fr.}$.50 pour 100.

En 1842, on a fait 3 378 voyages, et en 1843, 3 382.

En 1843, les différentes machines ont brûlé de 0^{kg}.120 à 0^{kg}.220, et en moyenne 0^{kg}.148 de coke par tonne réduite au transport horizontal à un kilomètre. Chacune des 8 machines a fait en moyenne 213^{voyages}.60, allée et retour, et parcouru 11 113^{km}.32.

26 938 voitures de voyageurs et 19 035 de marchandises, ou par machine 3 367$^{voit.}$.25 de voyageurs et 2 379$^{voit.}$.40 de marchandises ont parcouru la ligne, ce qui fait en tout un poids de 29 428^{t}.90, ou 53 526^{t}.40 réduites au parcours horizontal.

Par kilomètre parcouru, on a brûlé 15^{kg}.25 de coke.

L'entretien des machines par kilomètre parcouru est de 0fr.288.

Le nombre de kilomètres parcourus par les voitures est de 1 103 946k.80; en moyenne, chaque convoi avait 8 voitures de voyageurs et 6 de marchandises : l'entretien des voitures a coûté par voiture et par kilomètre 0fr.00375.

En 1843, la dépense par kilomètre parcouru peut être évaluée ainsi :

	fr.
Réparation des machines (matériel et main-d'œuvre).	0.331
Combustible (coke et bois).	0.454
Graisse pour locomotives et voitures.	0.078
Matières à nettoyer, pour *id.*	0.0535
Éclairage du chemin.	0.022
Id. des locomotives et voitures.	0.008
En total.	0.9465

Le mouvement des voyageurs et des marchandises peut être résumé ainsi :

NOMBRE de voyageurs.	Du 1er septembre au 31 décembre 1841.	1842.	1843.	Du 1er janvier au 30 juin 1844.
TOTAL.	130 826	383 018	267 687	160 164
1re classe.	»	8 073	5 676	
2e classe.	»	73 109	51 001	
3e classe.	»	301 836	181 720	
4e classe.	»	»	29 290	
Nombre de voyageurs réduit au parcours total.		245 726	188 207	
Chaque personne a parcouru.		16k.72	18k.28	
Kilomètres parcourus par tous les voyageurs.		6 400 660km64	4 902 424km	
Chaque kilomètre parcouru, par voyageur, a rapporté.		0fr..055	0fr..067	
Tonnes de marchandises transportées.	1 002t.5	18 512t.70	39 962t.50	26 200t.60
Tonnes transportées à 1 kilomètre.			798 495 .52	
Tonnes ayant parcouru la longueur totale.			30 654 .70	
Chaque tonne a parcouru.			20k.00	
La recette par tonne et par kilomètre est de.			0fr..245	

En été il y a 5 départs par jour, en hiver 4 seulement; chaque voyage dure 68 minutes, quel que soit le sens dans lequel il se fait. Il y a 7 stations, y compris les deux extrêmes.

Le prix des places et la durée des voyages sont fixés ainsi :

De Dusseldorf à :	DISTANCE.	DURÉE du parcours.	KILOMÈTRES à l'heure.	PRIX DE 1re classe	2e classe.	3e classe.	4e classe.
	kil.	min.	kil.	fr.	fr.	fr.	fr.
Erkrath.	8.40	20	25.2	1.22	0 855	0.61	0.49
Hochdahl.	11.00	28	23 6	1.53	1 22	0.855	0.61
Elberfeld.	26.50	68	22.9	3.05	2.20	1.53	1.22

Pour le trajet total, on paye $0^{fr}.73$ par 100 kilogrammes de marchandises, c'est-à-dire $2^{c}.75$ par 100 kilogrammes et par kilomètre : pour les marchandises accélérées, on paye 50 pour 100 de plus.

Les voyageurs ont 14 kilogrammes de bagage franc; de 14 kilogrammes à $18^{kg}.50$ on paye $0^{fr}.224$ pour l'excédant, et $0^{fr}.244$ ensuite pour chaque $4^{kg}.67$ jusqu'à $46^{kg}.7$, et $0^{fr}.122$ par $4^{kg}.67$ jusqu'à $83^{kg}.4$; au delà on ne paye plus que $0^{fr}.244$ par 14 kilogrammes.

15° *Chemin de fer de Bohwinkel à Steele.*

Le 21 juin 1844, le gouvernement prussien autorisa la construction d'un chemin qui doit relier la vallée de la Rhur et la petite ville de Steele à Bohwinkel, sur le chemin de Dusseldorf à Elberfeld : ce chemin a plus particulièrement pour objet l'exploitation des houillières de la vallée de la Deile. Les courbes aux stations n'ont que 470 mètres de rayon. Les pentes sont de $5^{mm}.55$ dans la vallée de la Deile, et de $7^{mm}.40$ près de Neviges. De Steele

à Neviges, la longueur est de 19 250 mètres. Le faîte qui sépare les vallées de la Rhur et de la Dussel est franchi par un plan incliné de 1 850 mètres, avec une machine fixe et une pente de 3mm.85 sur 1 110 mètres : au delà, jusqu'à Bohwinkel, il n'y a plus que 7 400 mètres ; mais près de l'arrivée, il y a un tunnel de 444 mètres. La longueur totale est ainsi de 29 610 mètres, et le kilomètre est évalué à 187 500 fr.

Une ligne directe de Bohwinkel sur Cologne, par Haan et Opladen, fut aussi demandée pour relier directement Elberfeld à Cologne ; mais par décision du 6 mai 1844, cette demande fut rejetée comme faisant double emploi avec la ligne de Cologne sur Minden par Dusseldorf.

Il existe encore deux autres projets, l'un pour relier Cologne à Lennep et à Bormen, et l'autre pour unir Bohwinkel à Solingen et Lennep, mais ils sont encore à l'étude.

16° *Chemin de fer du Rhin au Weser.*

La compagnie du chemin d'Elberfeld avait espéré dans le principe qu'il deviendrait un jour la tête du grand chemin qui doit unir le Rhin et le Weser, les provinces Rhénanes avec la vieille Prusse ; mais un décret du 18 décembre 1843 a décidé que cette ligne importante, qui doit mettre tous les chemins de France et de Belgique en rapport avec ceux du centre de l'Allemagne, passerait par Duisburg, Hamm, Lippstadt, Biélefeld et Minden ; le gouvernement prussien a garanti à la compagnie un intérêt de 3fr.50 pour 100 sur le capital social de 48 100 000 fr.; la longueur totale de la ligne sera de 280 kilomètres environ.

Dans le courant de 1844, on a déjà mis la main à l'œuvre.

Les travaux les plus difficultueux sont entre Dortmund et Unna.

D'après M. Hausemann, les dépenses s'élèveraient à près de 58 000 000 fr.

Pour l'exécution, cette ligne est divisée en 7 parties qui sont confiées à autant d'ingénieurs différents.

La 1re va de Deutz à Duisburg.
La 2e de Duisburg à Gelsenkirchen.
La 3e de Gelsenkirchen à Unna.
La 4e de Unna par Hamm à Lippborg.
La 5e de Lippborg par Lippstadt à Rietberg.
La 6e de Rietberg par Biélefeld à Brakmeier.
La 7e de Brakmeier par Minden à la frontière.

Partout on travaille avec une grande activité, et tout porte à croire qu'en 1847 toute la ligne sera achevée.

Les pentes ne dépassent pas 3mm.3.

La partie de Deutz ou de Cologne à Dusseldorf doit être livrée au 1er novembre 1845. La station de Deutz doit coûter 925 000 fr., et est entourée de fortifications; la façade parallèle au Rhin a 74 mètres de long et une profondeur de 15 mètres, avec deux étages. Les rails doivent arriver jusqu'au Rhin, où on a établi des grues pour le chargement des marchandises.

17° *Chemin de fer d'Elberfeld par Witten à Dortmund.*

En mars 1844, la compagnie qui se forma pour relier Elberfeld à Dortmund, sur le chemin du Rhin au Weser, reçut l'assurance que le gouvernement prendrait un quart des actions nécessaires pour la construction de la ligne, dont le montant total est évalué à 14 800 000 fr. Pendant la durée des travaux, un intérêt de 4 pour 100 fut assuré

aux actionnaires, et pendant l'exploitation l'état garantit 3fr.50 pour 100. La longueur totale du chemin est de 59km 20. Près de Schwelm, où la plus grande hauteur au-dessus du niveau de la mer est de 216 mètres, il y a un souterrain de 1 300 mètres; vers l'est la pente est de 8mm.33 sur 5 500 mètres, et vers l'ouest de 10 millimètres sur 7 400 mètres. Les rayons des courbes ont plus de 1 100 mètres.

18° *Chemin de fer de Munster à Hamm.*

Le comité qui se forma pour relier la ville de Munster à la ligne de Cologne sur Minden, sollicita de l'état une souscription d'un quart des actions et la garantie d'un intérêt de 3fr.50 pour 100 pour les 3/4 des autres actions : la Prusse refusa tout concours, sous prétexte que ses finances devaient être exclusivement réservées aux grandes lignes ; mais elle autorisa le 15 mai 1844 la construction de cet embranchement ; alors on ouvrit une souscription de 13 000 actions à 370 francs chacune, et on reçut des offres qui dépassèrent dix fois le montant du capital

Il y a donc lieu de croire que l'on mettra bientôt la main à l'œuvre, pour cet embranchement dont la longueur est de 16 650 mètres environ, et qui ne coûterait pas plus de 144 445 francs par kilomètre, d'autant plus que la ville de Munster et presque toutes les communes traversées doivent donner leur terrain pour rien.

Un autre comité se forma pour relier la ville de Dortmund à Munster, mais une décision ministérielle du 7 mai 1844 écarta ce dernier projet comme faisant double emploi avec la ligne de Hamm.

Il est question de prolonger la ligne de Hamm à Munster jusque sur le bas de l'Ems à Emden, et de faire commu-

niquer ainsi cette ville avec la mer ; la longueur de cette ligne ne serait que de 192 kilomètres et ne coûterait guère que 15 millions. (*Voir* ci-après page 423.)

19° *Chemin de fer de Cologne à Bonn.*

Dès 1836, il fut question de cette ligne, mais sa construction ne fut autorisée que le 11 février 1841, son tracé ne fut même arrêté que le 24 novembre 1842 à cause de différentes difficultés survenues entre les actionnaires.

Ce chemin a été ouvert en 1843 jusqu'à Bruhl, et le 13 février 1844 jusqu'à Bonn.

Les fortifications de Cologne sont franchies par deux ponts en bois 18m.85 et de 15m.70 de longueur, sur le glacis il y a un viaduc en bois de 75m.50 de longueur.

On a remué 506 000 mètres cubes de terre dont 76 500 pour les stations : dans le projet on n'avait compté que sur 242 000 mètres cubes.

	kilom.
La longueur totale est de	28.90
Celle de Cologne à Bruhl est de	10.73
Celle de Cologne à Raisdorf est de.	20.20

Les travaux ont été faits pour deux voies, mais une seule a été exécutée.

Les dépenses de construction ont été :

1° Construction du chemin :

	fr.
Travaux pour opérations.	20 512.80
506 000mc.00 de terrassements.	283 041.70
Ouvrages d'art.	1 185 [illegible] 60
Fortifications de Cologne	51 541.00
Fourniture de sable et gravier pour le ballast.	89 817.50
Traversines et bois équarris.	181 773.60
Rails à 28kg 80 le mètre.	556 446.70
Clous, coins, coussinets, etc.	57 990.10
Pose des rails	42 165.20
Passages de niveau, barrières, maisons de gardes. . . .	29 511.20
Station de Bonn.	139 948.80
A reporter. . .	1 572 189.20

	fr.
Report.	1 572 189 20
Station de Cologne.	129 981.00
Station de Bruhl.	55 555.50
3 places d'arrêt.	2 220.00
Clôtures.	37 807.10
Intérêts du capital pendant la construction, à 5 pour 100.	95 271 30
Administration générale.	128 863 60
Indemnités de terrains.	795 500 00
Total.	2 816 887.70

2° Matériel d'exploitation :

Ateliers, forges, etc	86 731.70
6 locomotives avec tenders.	312 613 00
4 voitures pour marchandises.	11 810 40
2 voitures d'équipages et 3 de bagages avec coupé pour le service de la poste royale, plus 8 voitures à rester debout	61 275.70
2 Voitures de 1re classe, à 32 places, 4 de 1re et de 2e classe, à 36 places, 9 de 2e classe à 40 places, 12 de 3e classe à 40 places, 4 de marchandises et pour voyageurs debout, à 50 places.	193 254 50
Somme réservée pour achat d'autres voitures.	66 600.00
Installation des salles d'attente et de service.	29 341 00
Total.	761 626 50
Total pour la construction du chemin.	2 816 887.70
Total pour le matériel d'exploitation.	761 626 50
Total général	3 578 514 20
Le capital social est de.	3 241 000 00
Excédant des dépenses	337 314 20

Les pentes sont ainsi réparties :

De Bonn à la rivière de Enden, pente de 5mm.00.

De là à la rivière de Drausdorf, horizontal.

De là à Tammswaelschen, rampe de 1mm.01.

De là à Raisdorf, horizontal.

De là à Sechtemer, il y a une pente de 1mm.94, une partie horizontale, et une rampe de 1mm.94.

De là à Gelerbach, horizontal.

De là à Galkenlast, pente de 0mm.56.

De là à Bruhl, horizontal.

De là à Wielerbach, pente de 2mm.00, plus une petite partie de niveau.

De là à Kumar, pente de 1mm.985.

De là à Veissenhau, horizontal.

De là à Cologne, pente de 3mm.33.

Le tracé consiste en trois alignements qui sont raccordés à Raisdorf et à Brubl par des courbes à très grand rayon.

La largeur des terrassements est de $7^{m}.55$ pour les deux voies : les traversines ont $2^{m}.50$ de longueur et reposent sur une fondation de $0^{m}.63$ de gravier. Le déblai le plus fort a $5^{m}.35$ de profondeur et le remblai le plus grand a $6^{m}.90$ de hauteur.

Du 15 février au 30 juin 1844 on a perçu pour 1 307 voyages 159 535$^{fr.}$.74, et l'on a transporté 288 590 voyageurs.

Il s'est formé un comité pour prolonger ce chemin jusqu'à Coblentz ; le capital social doit être porté à 14 800 000 francs, divisé en 20 000 actions à 740 francs chacune : la longueur totale sera de $59^{km}.20$. On ne pense pas que l'on mettra de sitôt la main à l'œuvre.

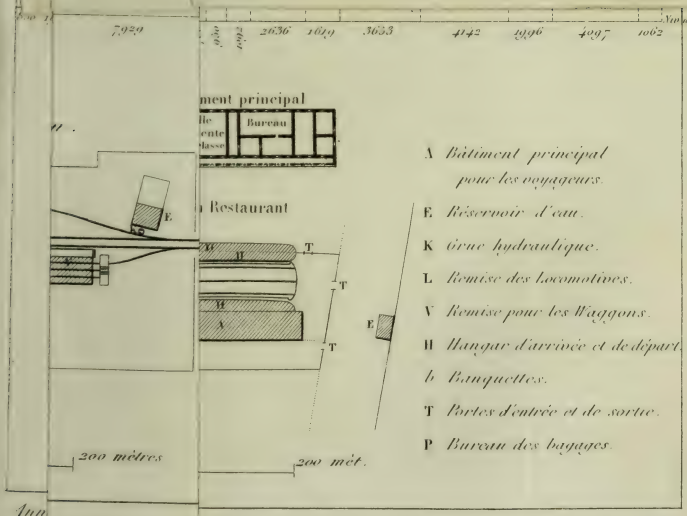
Il y a six stations, y compris les deux extrêmes : elles sont assez uniformément réparties ; pour le trajet total on paye : $1^{fr.}.83$, $1^{fr.}.22$, $0^{fr.}.91$ et $0^{fr.}.61$, il se fait en une heure et il y a quatre départs par jour.

Les voyageurs ont $46^{k}.70$ de bagage franc, et pour l'excédant on paye $0^{fr.}.244$ de $1^{kg}.00$ à $23^{kg}.3$ et $0^{fr.}.488$ de $23^{kg}.3$ à $46^{kg}.70$.

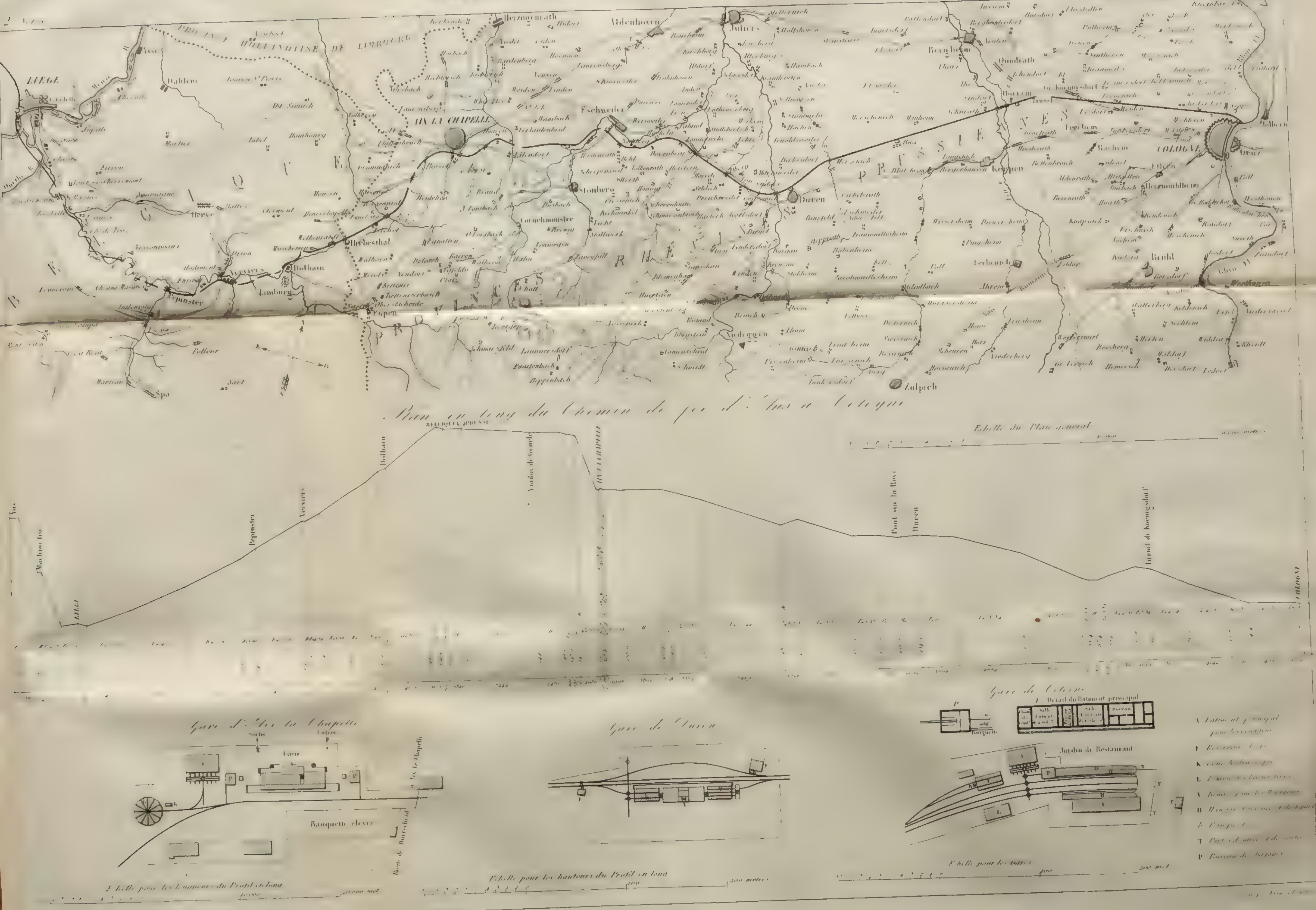
20° *Chemin de fer Rhénan.*

Dès que la loi belge de mars 1834 eut décidé que de Malines il partirait deux chemins de fer qui iraient sur Ostende et sur Anvers, et un troisième qui unirait ces deux grands ports de mer avec le Rhin, en affranchissant le commerce du péage hollandais, on se mit à étudier cette dernière ligne, qui seule offrait des difficultés. On avait d'abord songé à diriger les lignes directement de Malines sur Dusseldorf, par Sittard ; on aurait ainsi raccourci de

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS



Gravé par Adam et Lemaire


LIEGE
AIX LA CHAPELLE
COLOGNE
Herzogenrath
Aldenhoven
Juliers
Bergheim
Eschweiler
Stolberg
Duren
Verviers
Pepinster
Dolhain
Limburg
Herbesthal
Eupen
Spa
Zulpich
Deutz
PRUSSE
Plan en long du Chemin de fer d'Aix à Cologne
Échelle du Plan général
Gare d'Aix la Chapelle
Cour
Banquette élevée
Gare de Duren
Gare de Cologne
Détail du Bâtiment principal
Jardin de Restaurant
Échelle pour les hauteurs du Profil en long
200 mètres
Échelle pour les Gares

52 kilomètres la ligne actuelle, franchi un faîte de 188^{m}.50 moins élevé, et évité beaucoup de difficultés; mais on aurait laissé de côté Liége, Verviers, Aix-la-Chapelle et Cologne, et l'on eût été obligé d'emprunter le territoire hollandais sur une étendue de 7^{km}.50.

Dès le mois de juin 1835, M. Henz présenta aux actionnaires un plan qui aboutissait à Eupen, en passant par Perghinn et Eschwiller, sans toucher ni Duren, ni Aix; dans cette direction il n'y avait pas de plan incliné, les pentes étaient réparties uniformément, suivant 14 pentes qui variaient de 2 millimètres à 0^{mm}.125 entre la Belgique et l'Erft, et pour franchir le faîte qui sépare cette rivière du Rhin on remontait une hauteur de 12^{m}.25, on avait une rampe de 6^{mm}.67 sur 22 kilomètres, une de 4^{mm}.3 sur 7^{km}.8, et deux souterrains de 370 mètres et de 253 mètres.

Pendant ce temps il fut décidé en Belgique que l'on passerait près de Liége, avec des plans inclinés de 27^{mm}.8, et que dans la vallée de la Vesdre on suivrait des pentes de 5 millimètres; on adopta alors les mêmes principes dans les provinces prussiennes, et le chemin fut dirigé sur Duren et Aix la-Chapelle On mit aussitôt la main à l'œuvre; dès le mois d'août 1839 la partie de Cologne à Mungersdorf fut livrée : le gouvernement prussien a pris 4 000 actions de 925 fr. chacune dans le chemin Rhénan. Le 24 février 1843, la compagnie fut autorisée à augmenter de 9 250 000 fr. son capital de construction, qui s'élevait déjà à 29 276 039; le gouvernement prussien a souscrit lui-même pour 1 850 000 francs, et a imposé à la compagnie la condition de parfaire d'abord toute la ligne au delà d'Aix jusqu'aux frontières belges, et de mettre une double voie avant que de prolonger le chemin jusqu'au port franc de Cologne. Ce dernier prolongement devait se faire au moyen d'arcades, pour être exploité par locomotives; mais on a reculé devant les dépenses, et l'on ne fera qu'un chemin au

niveau des quais, où le transport sera fait par des chevaux.

En juin 1840 on livra la partie de Mungersdorf à Lowenich, en juillet 1841 on livra la partie de Duren à Aix, en septembre 1841 celle de Cologne à Aix, et le 15 octobre 1843 toute la ligne fut livrée jusqu'à Liége.

La longueur totale de la ligne de Cologne jusqu'aux frontières belges est de 85 866m.15.

Le capital pour la construction a été fourni ainsi :

	fr.
18 000 actions à 925 fr.	16 650 000 00
Agio sur la deuxième émission de 6 000 actions.	277 500.00
Emprunt en obligations privilégiées à 4 pour 100	9 250 000.00
Emprunt en obligations privilégiées a 3.5 pour 100.	2 220 000 00
Recettes diverses, cautionnements, vente de terrain rétrocédé, etc.	2 316 462.45
Total.	30 713 962.45

Les dépenses jusqu'à la fin de 1843 sont :

	fr.
Frais d'établissement	68 749 58
Frais d'études.	40 117.50
Administration générale.	778 257.44
Depenses pour la construction.	24 004 61.67
Interêts.	3 305 754.39
Loyers et assurances.	15 306 78
Travaux non encore liquidés.	43 941.19
14 locomotives avec tenders.	792 260.77
310 voitures, dont 54 pour voyageurs, 200 pour marchandises, 30 pour equipages, 18 pour bestiaux, 3 pour chevaux, 5 pour services divers. (Depuis on a acquis 30 voitures pour marchandises)	1 162 855.57
Ateliers, etc., etc.	113 617.50
Total.	30 713 962.39

Les frais de construction proprement dits sont :

	fr.
De Cologne à Erft, sur 21 565m.45, avec 1 361 700 mètres cubes de terrassements	2 915 493.90
D'Erft a la Roer, sur 18 336m 09, avec 525 100 mètres cubes de terrassements.	1 627 686.12
De la Roer à l'Inde, sur 19 214m.10, avec 818 501m.c.85 de terrassements.	3 524 797.23
A reporter.	6 097 977.25

	fr.
Report.	6 097 977.25
De l'Inde à Aix, sur 9588^{m}.55, avec 424 271$^{m.c.}$.90 de terrassements.	1 708 963.52
D'Aix à la frontière, sur 14 328^{m}.25, avec 878 916$^{m.c.}$.50 de terrassements.	3 332 847 89
Tunnel de Kœnigsdorf de 16 9^{m}.61 de longueur.. .	2 989 567.69
Tunnel de Nirm de 750^{m}.58 de longueur.	1 687 656.45
Tunnel d'Aix de 696^{m}.71 de longueur.	1 345 469.09
Stations.	1 773 235.36
Plan incliné et station de Rouheide	451 126.82
Indemnités de terrains pour 400 hectares (dont 130 ont été revendus).	2 308 292.23
Maisons de gardes	103 172.53
Fourneaux de coke à Eschwiller.	37 543 65
Direction supérieure des travaux.	89 729 45
Entretien des chemins pendant l'exécution.	77 479.48
Total.	24 001 091 41

Le kilomètre a coûté en moyenne 358 000 francs.

Le mètre cube de terre a été payé de 0$^{fr.}$.55 à 0$^{fr.}$.70 en moyenne.

Cette partie a offert, ainsi que la partie belge jusqu'à Ans, de très grandes difficultés : il y a cinq souterrains,

	mèt.
Le premier dans le bois d'Aix de.	696 71
Le deuxième *id.*	150 64
Le troisième près Nirm de	750.58
Le quatrième près Schenberg de.	188.30
Le cinquième près Kœnigsdorf	1 619 38
Total.	3 405.61

Le chemin offre en outre un plan incliné de 2 086^{m}.50 de long, avec une pente de 26^{mm}.3, desservie par une machine fixe ; deux grands viaducs de 480 mètres de long, et 197 ponts.

Dans la vallée de la Vesdre, en Belgique, les 18 souterrains n'ont qu'une longueur totale de 3 300 mètres.

Le viaduc de Gueule, qui est en briques comme les autres ouvrages, se compose de deux rangs de 17 arcades superposées ; les arcades inférieures ont 9^{m} 44 d'ouverture, 14^{m}.50 de hauteur, et 8^{m}.65 de large ; les arcades supé-

rieures ont $9^m.60$ d'ouverture; $15^m.10$ de hauteur, et la même largeur en tête de $8^m.65$; la plus grande hauteur est de $37^m.8$, aux culées elle n'est que de $21^m.40$, la longueur est de 207 mètres; les piles inférieures ont $2^m.20$ de largeur et $10^m.55$ de longueur, à la base $2^m.05$ de largeur et $9^m.27$ au sommet; les dépenses, estimées à 480 000 francs, ont atteint 925 000 francs.

Le souterrain du bois d'Aix, de $696^m.75$ de long, est précédé par des tranchées de $35^m.10$ et $40^m.70$; il y a trois puits, et il est creusé presque entièrement dans un sable mouvant; les dimensions sont, comme pour les quatre autres, de $9^m.25$ de hauteur entre les deux voûtes, de $8^m.15$ au-dessus des rails, de $8^m.88$ de largeur maximum, et $8^m.15$ à la sole : il peut avoir coûté de 950 francs à 1 050 francs le mètre.

Le plan incliné qui est près d'Aix est en partie en déblai jusqu'à $27^m.40$ de profondeur, et en remblai jusqu'à 23 mètres de hauteur : il y a deux machines de la force de 100 chevaux chacune; la corde sans fin qui sort des ateliers de M. Heimann, à Bonn, est formée par la torsion de 6 câbles, dont chacun est lui-même composé de 6 fils de fer; sa longueur totale est de 2 510 mètres, elle a été livrée en deux parties chacune de 6 500 kilogrammes à 7 000 kilogrammes.

De la station d'Aix, qui se trouve sur une courbe de 178 mètres, on traverse la vallée du Wurm sur le viaduc de Borcette, bâti sur un terrain marécageux qui a offert de grandes difficultés; il a 267 mètres de long et $23^m.90$ de hauteur, et son axe forme courbe et contre-courbe en S : il est partagé en six parties, la première, attenante à la station, a $21^m.10$ de longueur et se compose de 3 arches, dont 2 de $2^m.83$ d'ouverture, et une de $6^m.60$ qui sert de passage à une route; la deuxième, de $79^m.20$ de long, a 11 arcades de 6 mètres d'ouverture; une bâtisse intermédiaire de $22^m.30$ de longueur, avec deux pilastres

et 10 ouvertures en forme de croisées sur deux rangs, forme la troisième partie; vient ensuite la quatrième partie, qui est la plus grande et la plus haute : elle a 118^{m}.50 de long et huit arcades de 11^{m}.95 d'ouverture, et 20^{m}.40 de hauteur. A la suite de ce viaduc vient le souterrain de Nirm, avec trois puits en maçonnerie, il a une tête dans le style gothique et l'autre dans le style romain; le mètre a coûté 1 850 francs. C'était le premier souterrain entrepris, et on y a payé l'apprentissage : il a été creusé en partie dans le schiste argileux très-dur, en partie dans du sable et de l'argile humide; on a voûté la partie schisteuse par trois rangs de briques, même sous la sole; le travail a été fini en trois ans, mais pour cela on a fait venir des ouvriers exercés, qui avaient travaillé au souterrain d'Oberau, sur le chemin de Leipzig à Dresde, et auxquels on a payé des journées doubles.

Après le viaduc sur l'Inde, de 83 mètres de long, avec 3 arches de 12^{m}25, et 2 murs de soutenement de 19^{m}.20 de long, qui contiennent les remblais des abords, vient le souterrain de Schenberg, qui est en courbe, et que l'on a construit pour éviter une tranchée de 19 mètres dans le rocher : il a coûté 855 francs le mètre, et est creusé dans le schiste argileux et le grès houiller.

Le pont sur la Roer, près Duren, a 5 arches dont les ouvertures varient de 11^{m}.30 à 14^{m}.15.

La chaîne qui sépare les vallées de l'Erft et du Rhin est percée par le souterrain le plus long qu'il y ait entre Liége et Cologne, il y a 5 puits maçonnés; les tranchées qui le précèdent ont de 25 à 28 mètres de profondeur; il est creusé entièrement dans un sable mouvant, et en cours d'exécution on a été obligé de relever de 3^{m}.15 le plafond pour éviter les eaux des sources trop abondantes; le mètre courant a coûté 1 630 francs. Le remblai qui le suit a jusqu'à 9^{m}.4 de hauteur.

La largeur normale des terrassements est de $7^{m}.55$ pour deux voies.

Les rails, de $25^{kg}.35$, sont assujettis avec des coins en bois dans des coussinets en fonte, de 9 kilogrammes, qui sont fixés au moyen de chevilles en fonte sur des traversines espacées de $0^{m}.95$; ces rails ne conservent pas de flexion par le passage d'une pression de 7 tonnes.

Jusqu'ici il n'y a encore qu'une seule voie, et le gouvernement prussien a refusé une garantie d'intérêt pour la pose de la deuxième voie, ce qui fait craindre que sa pose ne soit encore bien retardée.

	fr.
Du 4 août 1839 au 31 décembre suivant les recettes furent.	30 764 51
Les frais d'exploitation correspondants.	32 275.47
Excédant des dépenses.	1 510.96
Les recettes de 1840, à cause de la mauvaise saison, n'ont été que de.	27 688.46
Les dépenses se sont élevées à	54 446.73
Excédant des dépenses.	26 758.27
Du 1er janvier au 31 août 1841, entre Cologne et Lowenich on a perçu.	6 835 50
Les frais d'exploitation ont été de.	39 968 38
Excédant des dépenses.	33 132.88
Du 1er septembre 1841 au 31 décembre, entre Cologne et Aix on a perçu.	267 830.17
Les dépenses totales correspondantes ont été de.	152 175.33
Excédant des recettes.	115 654 84

Pour 1842 et 1843 les recettes et les dépenses sont :

RECETTES.

	1842.	1843.
	fr.	fr.
Transport des personnes.	727 415 45	702 750.38
Accessoires relatifs aux voyageurs.	72 335 98	98 393.85
Transport des marchandises	184 597.11	401 461.56
Recettes extraordinaires.	9 114.08	5 342.92
Totaux.	993 662.62	1 206 948.51

DÉPENSES.

	1842.		1843.	
	TOTAUX.	Par kilom pour 178 503 km. parcourus.	TOTAUX.	Par kilom. pour 201 317 km. parcourus.
	fr.	fr.	fr.	fr.
1° Entretien du chemin.	142 416.94	0.798	157 863.34	0.782
2° Frais de transport :				
Chauffage et nettoyage des locomotives	154 823 66	»	150 973.44	
Entretien et réparation des locomotives.	59 287 81	»	34 375.22	
Outils aux ateliers.	19 480 38	»	17 767.03	
Entretien des voitures.	21 895.36	»	18 376.42	
Salaires des chauffeurs et conducteurs de locomotives.	40 002 18	»	45 175.03	
Salaires pour les voitures.	14 699 24	»	17 905.62	
Total du 2°.	310 188.61	1.735	284 602.76	1.413
3° Stations, expéditions des voyageurs, marchandises, etc.	73 758.27	0.413	105 320.38	0.522
4° Dépenses générales	65 325.60	0.366	52 597.84	0.261
Entretien du chemin comme d'autre part.	142 416.94	0.798	157 863.34	0 782
Totaux généraux des dépenses. . .	591 689 44	3.312	600 384 32	2.978
Totaux des recettes d'autre part. . .	993 662.62	»	1 206 948.51	
Les recettes nettes sont donc de. . .	401 973 18	»	606 564 19	

En 1843, sur 4 955 jours que les 14 machines étaient en usage, elles ont servi au tirage pendant 1 959 jours, ont été allumées pour la réserve pendant 165 jours, et sont restées au repos ou dans les ateliers de réparation pendant 2 828 jours.

Les machines ont parcouru :

	1842.	1843.
	kilom.	kilom.
Pour les convois de voyageurs.	134 132.40	114 248.50
Pour les convois de marchandises.	24 375.60	54 042.20
Pour les convois extraordinaires	5 712.80	2 989.60
Pour les convois de transport de matériaux de construction.	14 282.00	30 036 60
Totaux des kilomètres parcourus.	178 502.80	201 317.00

En 1843 on a brûlé pour :

	tonn.	
Les convois de voyageurs. . . .	1 595.15	de coke ou 14kg.00 par kilomètre parcouru.
Les convois de marchandises. .	987.45	de coke ou 18kg 20 par kilomètre parcouru.
Les machines en réserve. . . .	168 90	de coke.
Les convois extraordinaires. . .	59.30	de coke ou 19kg.10 par kilomètre parcouru.
Les transports des matériaux de construction.	377 50	de coke ou 12kg.55 par kilomètre parcouru.
	3 188.30	ou 15kg 8 en moyenne.

En 1842 on a brûlé en tout 35 533 kilogrammes de coke, ou 19kg.15 par kilomètre.

En 1842 on a employé 0lit.059, et en 1843 0lit.0494 d'huile d'os par kilomètre, pour le graissage des locomotives et des voitures.

Le prix du coke fabriqué dans des fourneaux de la compagnie revient à 2fr.54 les 100 kilogrammes, tandis que celui que l'on tire de la vallée de la Roer coûte 3fr.45.

En 1839, pendant 5 mois, 52 950 personnes ont circulé entre Cologne et Mungersdorf.

En 1840 on reçut 999 voyageurs de 1re classe, 12 414 de 2e, et 51 743 de 3e; total, 65 156 voyageurs.

Le tableau suivant donne le mouvement à partir du 1er septembre 1841 :

	4 derniers mois de 1841.	1842.	1843.
	voyag.	voyag.	voyag.
Voyageurs de 1re classe	6 799	25 565	28 578
Id. de 2e classe	40 180	119 863	107 642
Id. de 3e classe	61 769	172 337	149 509
Id. enfants	1 532		
Total des voyageurs	110 280	317 766	285 929
Voyageurs de 1re classe transportés à un kilomètre	354 637.60	1 376 821.80	1 496 442.80
Voyageurs de 2e classe transportés à un kilomètre	1 418 247.00	4 228 685.60	3 920 816.00
Voyageurs de 3e classe transportés à un kilomètre	1 586 648 80	4 503 181.20	3 997 228 40
Enfants transportés à un kilomètre	57 762..0		
Nombre de voyageurs de toute espèce transportés à un kilomètre	3 397 295.60	10 108 688.60	9 414 487.20
	cent.	cent.	cent.
Recette par kilomètre et par voyageur	6.62	6.88	8.50

Pendant les sept premiers mois de 1844 il y a eu un mouvement de 200 461 voyageurs.

En 1841, du 15 octobre au 31 décembre, on a transporté 2 386t.50 de marchandises.

	1842.	1843.
	tonn.	tonn.
Nombre de tonnes transportées	26 950.10	68 978.7
Tonnes transportées à 1 kilomètre	1 191 212	2 162 229
	fr.	fr.
Recette par tonne et par kilomètre	0.143	0.148

Pendant les sept premiers mois de 1844 on a transporté 45 956 tonnes.

Tous les jours il y a trois départs de Cologne pour Bruxelles. Le prix des places est :

De Cologne à :	1re classe.	2e classe.	3e classe.
	fr.	fr.	fr.
Aix-la-Chapelle sur 69km.56.	7.32	5.50	3.66
Herbesthal, frontière.	9.27	6.83	4.64
Bruxelles.	20.20	15.25	10.05

On paye 0fr.50 par kilomètre et par 100 kilogrammes d'excédant de bagages sur le chemin belge.

Pour 46kg.7 d'excédant de bagage on paye 2fr.44, entre Cologne et Herbesthal.

Pour les marchandises on paye, de Cologne à Liége, pour un parcours de 131 kilomètres, suivant les classes, 12fr.2, 15fr.25, 18fr.3 et 20fr.4 par tonne, ce qui fait 9fr.30, 11fr.63, 13fr.95 et 15fr.56 par kilomètre; pour de plus petites distances on paye proportionnellement davantage.

Un projet de loi fut présenté le 3 mai 1842 aux chambres hollandaises pour autoriser la construction de 29km.40 de chemin sur le territoire hollandais, afin de relier Maestricht à Aix-la Chapelle, et faire à cet effet un emprunt de 7 900 000 francs; ce projet, abandonné d'abord, fut repris au commencement de 1844 par une compagnie, qui en sollicite aujourd'hui la concession. Sa longueur totale, y compris deux embranchements, devra être de 50 kilomètres, et la dépense est évaluée à 206 455 francs par kilomètre.

21° *Chemin de fer d'Amsterdam en Allemagne, par Utrecht et Arnheim.*

Déjà, en 1834, il était question de ce chemin, mais ce n'est qu'en 1838 que la Hollande en arrêta la construction aux

frais de l'état, et malgré que les chambres rejetèrent le projet à une majorité de 46 voix contre 2, le roi (Guillaume Ier) décréta, par une ordonnance royale du 30 avril 1838, un emprunt de 19 250 000 fr. à 4fr.50 pour 100 qu'il garantissait avec ses propres fonds : le quart des revenus excédant 4 50 pour 100, doit être abandonné aux créanciers, et les trois autres quarts doivent servir à l'amortissement du capital, et celui-ci une fois éteint, le chemin sera la propriété de l'état.

Les expropriations, dans un pays couvert de maisons d'agrément, ont donné lieu à une foule de difficultés qui n'étaient pas encore toutes levées à la fin de 1842.

Les dépenses faites en 1843 étaient :

Pour les terrassements.	5 730 000 fr.
Ouvrages d'art.	1 946 000
Bâtiments.	1 380 000
Matériel d'exploitation.	1 262 000
Total.	10 318 000

Dans cela n'est pas compris le prix du bois et du fer pour la voie, ni l'achat des dix locomotives.

Déjà, le 22 décembre 1843, on a livré la ligne d'Amsterdam à Utrecht, et les rails ont pu être posés jusqu'à une lieue d'Arnheim, mais toute la ligne n'a été livrée que le 14 mai 1845, à cause de la grande tranchée d'Arnheim. Les terrains ont coûté en moyenne 30 fr. le mètre courant, et on ne pense pas que la dépense totale excède de 3 à 4 pour 100 la somme de 20 256 000 francs.

La partie comprise entre Amsterdam et Utrecht, de 36 kilomètres, est formée par trois lignes droites reliées par des courbes de 2 500 mètres de rayon : dans toute cette partie le sol se compose d'une couche de terre végétale de 0m.20 d'épaisseur, laquelle recouvre une espèce de tourbe, qui a peu de consistance ; on fut donc obligé de transporter à grands frais de plusieurs lieues du sable des dunes pour

former la levée qui a $1^{m}.40$ de haut ur pour atteindre la hauteur des enceintes des polders.

Dans les parties où le terrain était le moins ferme, sur 10 kilomètres environ, le remblai en sable repose sur une couche de tunage de 10 mètres de largeur et de $0^{m}.60$ à $0^{m}.80$ d'épaisseur : malgré cette précaution, dans certains endroits on a été obligé d'élever les remblais à 4 mètres, pour en définitif, après le tassement, n'en avoir plus qu'un au-dessus du sol.

Le peu de consistance du terrain engagea l'auteur du projet, Gondriaan, à donner à la voie une largeur de 2 mètres, à employer des rails d'un poids de 25 à 30 kilogrammes par mètre, posés sur des longrines en bois de sapin du Nord de $0^{m}.20$ sur $0^{m}.30$ d'équarrissage, avec des traversines de 3 mètres de longueur et de $0^{m}.15$ sur $0^{m}.30$ d'équarrissage.

On a, pour la traversée des canaux, employé trois ponts tournants en fonte, coulés à La Haye, et deux ponts à coulisse : les maconneries sont en général sur des pilots qui ont une fiche de 12 à 14 mètres.

Entre Utrecht et Arnheim le terrain est assez inégal, il y a souvent des pentes de $3^{mm}.33$ et des tranchées dans le sable et le gravier de 12 à 14 mètres ; le cube des déblais est de 2 630 000 que l'on a portés avec des rails provisoires à une distance de 2 000 à 3 000 mètres. Dans cette partie aussi les rayons de courbure sont supérieurs à 2 500 mètres, et il y a un grand pont tournant en fonte à deux voies.

La longueur totale de la ligne est de 96 kilomètres.

La largeur des remblais est de 9 mètres et celle des tranchées est de 11 mètres.

Il n'y a qu'une seule voie, mais entre Amsterdam et Utrecht, ainsi qu'entre Utrecht et Arnheim, il y a une longueur de 10 kilomètres à deux voies : tous les ouvrages d'art sont faits pour deux voies.

En août 1844, il y avait six locomotives anglaises et

quatre d'une fabrique d'Amsterdam, toutes avec des roues de $1^{m}.98$. Six autres locomotives, dans le système de *new patent engine* de R. Stephenson, sont commencées à Amsterdam. Il y avait soixante-dix voitures dont le nombre a dû être porté à 140.

Un comité s'est formé à Wesel pour relier Arnheim avec le chemin de Cologne-Minden à Duisburg; la longueur de la ligne est de 54 kilomètres, et la pente totale à racheter de $22^{m}.40$; le kilomètre est estimé 130 000 fr.

Deux autres comités se sont réunis en 1844 à Aix-la-Chapelle et à Erefeld pour joindre Aix-la-Chapelle à Glasbach et à Neusse sur le Rhin, et pour prolonger la ligne de Glasbach par Erefeld sur le Rhin, à Ruhrort non loin de Duisburg.

Une compagnie de Dusseldorf a aussi fait des études pour relier cette ville à la Meuse par Sittard, mais pour cela il faut le consentement de la Prusse, de la Hollande et de la Belgique, ce qui sera, peut-être, une difficulté.

Il existe encore un autre projet qui consiste à relier Cologne à Erefeld.

Mais jusqu'ici aucun de ces projets n'a encore eu la sanction du gouvernement.

Aujourd'hui que le chemin de fer de Louis qui doit relier dans la Bavière rhénane, Ludwigshafen à Bexbach par Spire, Neustadt, Kaiserslautern et Hombourg est en pleine voie d'exécution (*voir* ci-après page 434), le prolongement de cette ligne sur Saarbruck, sur le territoire prussien, est tout à fait assuré. La longueur des travaux entre Bexbach et Saarbruck est de $25^{km}.9$ et doit coûter de 5 900 000 à 6 650 000 francs. Le terrain offre beaucoup de difficultés et exigera même le percement d'un tunnel.

On est certain aujourd'hui de relier Saarbruck à Metz; le chemin de fer de Louis serait ainsi en communication directe avec le chemin de fer de Paris à Strasbourg.

III. — Chemins de fer saxons.

1° Chemin de fer de Leipzig à Dresde ; page 386.
2° Chemin de fer de Leipzig aux frontières bavaroises par Altenbourg et Plauen ; page 393.
3° Chemin de fer saxo-silésien ; page 396.
4° Chemin de fer saxo-bohémien ; page 397.
5° Chemin de fer de l'Erz (Chemnitz-Riesa) ; page 398.
6° Chemin de fer de Lobau à Zwittau ; page 399.
7° Chemin de fer de Leipzig à Durenberg ; page 400.

1° *Chemin de fer de Leipzig à Dresde.*

C'est M. List, consul des États-Unis d'Amérique, qui eut en 1833 la première idée de la construction de ce chemin : le décret royal qui concède cette ligne est du 6 mai 1835 ; deux projets étaient en présence, celui de rester sur la rive gauche de l'Elbe, de passer par Meissen et d'arriver dans la partie vieille de la ville de Dresde, et celui de franchir l'Elbe près de Riesa et d'arriver dans les nouveaux quartiers de Dresde : ce fut ce dernier tracé qui fut adopté après un examen des lieux fait par l'ingénieur anglais James Walker, Pl. 94.

En mars 1836 on mit la main à l'œuvre, et dès le 24 avril 1837 on put livrer au public une longueur de 9^{km}.56 entre Leipzig et Alten, en 1838 on ouvrit successivement le chemin de Leipzig jusqu'à Riesa et de Dresde jusqu'à Oberau, mais la ligne entière ne fut ouverte que le 7 avril 1839.

La société fut d'abord constituée au moyen de 15 000 actions de 338 francs ou de 5 820 000 francs ; mais dès le 15 juin 1837, on reconnut cette somme bien insuffisante et on constitua un capital de 17 454 600 francs à 45 000 actions, et plus tard on fut même obligé de faire une nou-

velle avance de 7 757 600 francs, ce qui a fait monter en définitif le capital de la société à 25 212 200 francs.

On avait en premier lieu estimé les dépenses de la manière suivante :

Construction au-dessous de la voie.	3 197 617 fr.
Indemnités de terrains.	510 957
Voie simple avec des rails plats.	1 896 230
Bâtiments et machines.	775 760
Un dixième pour dépenses imprévues.	638 056
Total.	7 018 620

Plus tard en juin 1837, on reconnut que les dépenses devaient être :

Pour la construction sous la voie.	8 490 960 fr.
Pour une voie simple.	4 084 000
Bâtiments.	1 338 600
Machines.	2 095 200
Appointements des ingénieurs, frais de bureau.	232 700
Indemnités de terrains.	775 760
Total.	17 017 220

et ce chiffre a encore été dépassé, parce que l'on a fait la voie double sur toute la longueur, et que l'on a payé à la compagnie de Magdebourg un prix convenu pour l'achèvement de la ligne jusqu'aux frontières prussiennes, sur une longueur de 11^{km}.5, moyennant le partage de la recette nette correspondante à cette étendue. (*Voir* ci-dessus page 346.)

Les dépenses faites au 31 décembre 1843 étaient :

	fr.
Pour la construction du chemin de Leipzig à Dresde.	18 377 166.29
Pour l'embranchement sur Magdebourg. . . .	1 581 640.48
Bâtiments divers, appareils de chauffage, télégraphes, etc.	1 063 506.54
Locomotives et tenders.	977 848.21
Waggons de toute espèce.	1 156 119.76
Ateliers pour la construction des voitures. . . .	36 693.64
Id. *id.* des machines. . . .	88 729.70
Fourneaux pour la préparation du coke.	68 489.96
Mobilier, outils, effets, etc.	132 266.49
Approvisionnements divers dans les ateliers, etc.	598 407.29
Effets et argent en caisse.	292 758.06
Total.	24 373 626.42

La longueur totale de ce chemin peut être sous-répartie ainsi :

1 760 mètres pour les ponts.
15 300 mètres au niveau des terrains adjacents.
65 700 mètres en remblais de $0^m.50$ jusqu'à 11 mètres de hauteur.
31 800 mètres en déblais de $0^m.50$ à 16 mètres.

114 560 mètres pour la longueur totale.

Les terrassements y sont assez considérables : près de Machern il y a un déblai de 3 130 mètres de longueur, qui a en certains points près de 11 mètres de hauteur ; le remblai qui le précède a 5 400 mètres de longueur, avec des hauteurs de 7 mètres : ces terrassements furent faits avec un chemin de fer provisoire et une locomotive, et quoiqu'il fût constaté que les transports coûtaient ainsi beaucoup moins que par des chevaux, cet exemple ne fut imité presque nulle part ailleurs en Allemagne.

Toute la longueur de ce chemin est à deux voies. Il coupe en 11 endroits des routes d'état, il y a pour cela 4 passages de niveau, un passage par dessus le chemin de fer et 6 par dessous. Sur 167 chemins communaux ou de service, il y en a 95 de niveau, 20 au-dessus et 52 au-dessous de la voie. Entre les culées des ponts construits sur le chemin, il y a tout juste de la place pour le passage des voitures, qui rasent les murs ; aussi a-t-on eu déjà des malheurs à déplorer.

Il y a 24 grands ponts, 78 petits et 295 aqueducs de $0^m.43$ à $1^m.13$ d'ouverture ; les principaux sont :

Le pont de la Mulde près Wurzen qui a coûté 485 000 francs, de 384 mètres de long avec 19 ouvertures ;

Le viaduc sur le Moorboden dans la vallée de Dollnitz près Wurzen, de 415 mètres de longueur et 18 à 20 mètres d'élévation, avec 26 piles en pierre, qui a coûté 244 440 francs ;

Le pont sur l'Elbe près Riesa, de 342 mètres de long, avec 10 travées, qui a coûté 1 047 600 francs ;

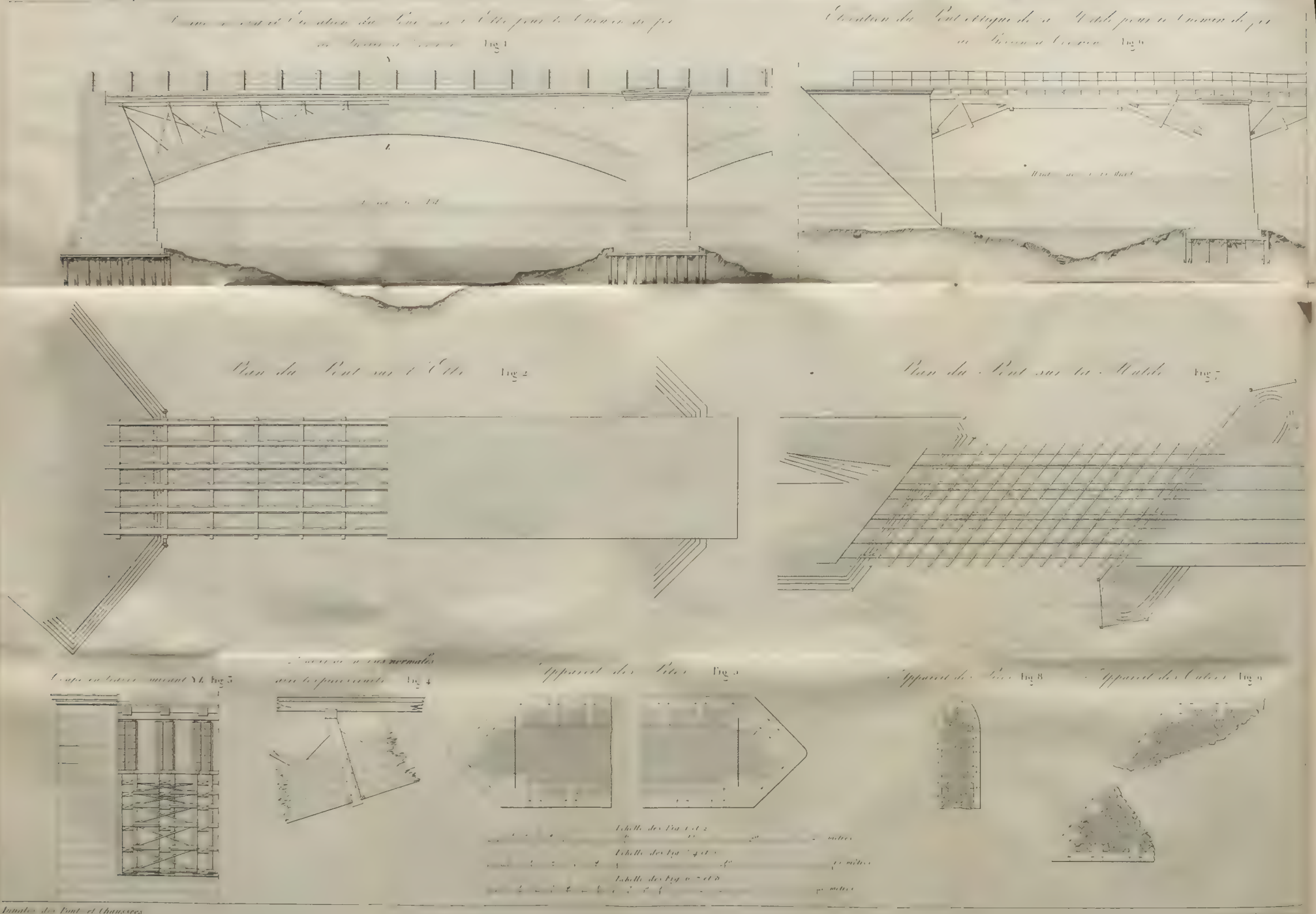
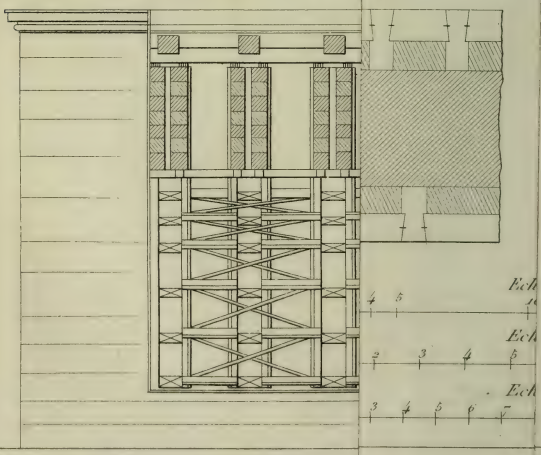


Fig. 1
Fig. 6
Plan du Pont sur l'Elbe Fig. 2
Plan du Pont sur la Mulde Fig. 7
Fig. 3
Fig. 4
Appareil des Piles Fig. 5
Appareil des Piles Fig. 8
Appareil des Culées Fig. 9

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY of ILLINOIS

Coupe en travers suivant YZ. Appareil de



Le viaduc près Roderau, de 650 mètres, avec 64 piles, qui a coûté 302 640 francs.

Tous ces ponts sont construits dans le genre de celui sur l'Elbe à Rosslau, sur le chemin de Berlin à Cœthen, dont nous donnons le dessin, Pl. 95 : les piles sont en pierre et s'élèvent jusqu'au tablier.

Le tunnel d'Oberau est le premier ouvrage de ce genre construit en Allemagne ; sa longueur est de 514 mètres, sa hauteur de $6^{m}.13$, sa largeur au sol $6^{m}.80$ et au milieu $7^{m}.64$: depuis le sol jusqu'au terrain naturel qui le recouvre, il y a $19^{m}.50$: la tranchée de l'est a 226 mètres de long, et 16 mètres de profondeur : cette extrémité a été taillée dans le porphyre et l'autre dans le calcaire jurassique : on a pratiqué pour le percement 4 puits dont 2 seulement ont été conservés : on y a employé 400 mineurs avec autant de manœuvres, les premiers gagnaient de 2 à $2^{fr}.90$ par jour : la dépense totale a été de 1 280 400 francs, ce qui fait 2 500 francs par mètre ; dans cette dépense sont compris les deux murs de tête.

Dans le principe on devait employer des pentes de 10 millimètres, en exécution on les a réduites à 5 millimètres qui est le maximum employé, mais aussi elles se trouvent réparties sur le quart de la longueur totale, Pl. 94, *fig* 6.

Le rayon de courbure minimum est de 1 160 mètres, et ce n'est que dans la station de Leipzig qu'il y a une courbe de 396 mètres de rayon sur 453 mètres de longueur.

On essaya plusieurs systèmes de rails, entre autres les rails plats américains, mais en définitive on donna la préférence aux rails dits de Vignoles, pesant environ 28 kilogrammes par mètre : ils sont posés sur du bois de pin et de pinastre de Bohême.

On acheta pour 1 552 000 francs, 5 000 tonnes de rails en Angleterre, pour lesquels on paya 426 800 francs de droits d'entrée.

Le matériel d'exploitation consiste en 13 tenders et

23 locomotives dont 2 sont de construction allemande et proviennent des ateliers d'Uebigau et de Chemnitz, en 87 voitures, pouvant porter 2 660 voyageurs, et en 169 waggons : il y a 12 voitures de 1re classe, 22 de 2e et 53 de 3e, sur lesquelles il y en a 23 seulement qui sont découvertes.

Les recettes et les dépenses d'exploitation sont données dans le tableau ci-dessous, ainsi que les principaux mouvements de ce chemin.

DÉPENSES.	1840.	1841.	1842.	1843.
	fr.	fr.	fr.	fr.
Administration supérieure. . . .	78 721.80	49 635.50	55 821 90	59 673.60
Entretien du chemin.	203 792.50	198 279.30	213 804.50	200 991.40
Frais d'exploitation proprement dite.	165 208.70	184 722.50	216 705.30	169 445 20
Frais de traction.	422 436.40	445 369.00	414 052.20	525 858 80
Réparation des voitures.	42 028.30	47 504.30	44 133 60	54 316.00
Habillement.	5 217.00	10 311.90	5 853.40	9 845.70
Divers, et matériel nouveau. . .	1 642.80	2 608.50	10 374.80	»
Dépenses totales. . .	918 447.30	938 431.00	960 745.70	1 020 130.70
RECETTES.				
Excédant de l'année précédente.	45 865.20	3 441.00	6 090.20	»
Voyageurs.	1 123 838.00	1 165 126.30	1 193 146 40	1 252 313.10
Marchandises.	524 841.30	613 985.40	707 728.60	745 050.50
Recette de l'embranchement sur Magdebourg.	34 928.00	77 015.50	96 780.90	131 250 10
Fermages.	5 527.80	11 817.80	12 598.50	17 763.70
Gains sur divers coupons. . . .	50 160.90	50 160.90	33 758.80	88 522.50
Recettes totales. . . .	1 785 161.20	1 921 546.90	2 050 103.40	2 234 899.90
Recettes nettes. . . .	866 713.90	983 115.90	1 089 357.70	1 214 769.20
Sur lesquelles on a payé :				
Intérêt des actions privilégiées, à 4 pour 100.	666 000.00	666 000.00	666 000.00	666 000.00
Interet des dettes et amortissement.	160 272.90	205 102.10	222 000.00	222 000.00
Indemnités pour l'administration des postes.	37 000.00	37 000.00	37 000.00	37 000.00
Reste en excédant pour fonds de réserve, pour les actionnaires, et à reporter sur l'année suivante.	3 441.00	75 013.80	164 361.40	235 986.00

	1840.	1841.	1842.	1843.
Rapport des dépenses aux recettes brutes	51.45	46.84	46.86	48·05
Coke consommé par kilomètre par les locomotives (*)	litres. 30 00 (*a*)	litres. 45 50 (*b*)	litres. 45.00 (*c*)	litres. 44.1 (*d*)
Huile employée pour les locomotives, par kilomètre	gram. 19 37	gram. 21.3	gram. 21.70	gram. »
Frais de réparation des locomotives	fr. 62 441 20	fr. 67 599.00	fr 89 288.30	fr. 100 584.00
Kilomètres parcourus par les convois de voyageurs	kilom. 193 177.00	kilom 186 739.00	kilom. 195 463.60	kilom. 194 342.40
Kilomètres parcourus par les convois de marchandises	153 646.20	200 044.20	230 243.60	238 243.00
Frais de traction par kilomètre	fr. 1.32	fr. 1.23	fr. 1.04	fr. 1.20
Kilomètres parcourus par les voitures de voyageurs	kilom. 1 391 814.20	kilom. 1 516 038.00	kilom. 1 513 544.20	kilom. 1 521 874.40
Kilomètres parcourus par les voitures de marchandises	1 634 349.20	1 807 657 20	1 920 240.80	2 122 046.20
Frais d'entretien des voitures par kilomètre	cent. 1 12	cent. 0 93	cent. 0.92	cent. 1.26
Nombre de voyageurs de 1re classe	voyageurs. 16 535	voyageurs. 11 023	voyageurs. 12 877	voyageurs. 14 224
Idem de 2e classe	83 789	75 459	77 285	85 495
Idem de 3e classe	280 759	299 996	292 122	301 696
Idem avec les convois de marchandises	24 052	65 267	93 914	111 903
Idem transportés à 1 kilomètre, non compris ceux des convois de marchandises	22 377 444.60	19 538 530.80	20 428 884.00	20 941 067.60
Recette moyenne, par voyageur et par kilomètre, pour les convois de voyageurs	fr. 0.050	fr. 0.059	fr. 0.058	fr. 0.058
Marchandises ordinaires	tonnes. 15 590 00	tonnes. 21 302 00	tonnes. 21 898.00	tonnes. 23 918.00
Produits du pays	18 861.00	21 945.00	32 474.00	28 064.00
Tonnes de marchandises transportées à 1 kilomètre	2 547 697.53	3 293 509.49	4 321 847.06	4 323 101.40

(*) L'hectolitre de coke anglais employé pèse 42kg.2 ; le coke saxon de Zwickau ne pèse que 33kg.7.

(*a*) De coke anglais à 3fr..32 les 100 litres. — (*b*) De coke mélangé à 1fr..70 les 100 litres. — (*c*) De coke saxon à 1fr..47 les 100 litres. — De coke saxon à 1fr..64 les 100 litres.

Les convois de marchandises ont en général brûlé 0.40 pour 100 de plus de coke par kilomètre parcouru que ceux des voyageurs. Tout le coke a été fabriqué à Riesa par la compagnie, jusqu'en 1841; on a employé concurremment pour cette fabrication du charbon anglais et du charbon saxon ; depuis, on se sert exclusivement de charbon saxon.

En 1842 on a dépensé pour la réparation par kilomètre parcouru :

	cent.
Pour les voitures de 1re classe.	0.92
Id. de 2e classe.	0.26
Id. de 3e classe.	0.23
Pour les voitures de marchandises.	0.35
En moyenne.	0.44
Plus pour les roues et les essieux.	0.44
Et pour le graissage.	0.04
Total.	0.92

En 1837 le nombre des voyageurs a été de. . . .	145 674
En 1838 *id.*	365 883
En 1839 *id.*	411 531
Et pendant les onze premiers mois de 1844 de. .	336 077

En 1839, on a transporté 1 424 582t.51 de marchandises à 1 kilomètre, et pendant les 11 premiers mois de 1844 on a transporté un total de 42 362 tonnes de marchandises de toute espèce.

Il y a tous les jours 2 départs pour les voyageurs et autant pour les marchandises de chaque extrémité; les convois de marchandises emploient de 4 heures et demie à 6 heures pour parcourir la ligne et l'on paye par voyageur 4fr.64 et 8fr. 30 : pour les excédants de poids des bagages qui dépassent 23kg.3, on paye 0fr.305 par chaque 4kg.67.

Prix des places et temps du parcours :

	DISTANCES.	TEMPS du parcours.	KILOMÈTRES par heure.	PRIX DES		
				1res.	2es.	3es.
De Leipzig jusqu'à :	kil.	heures.	kil.	fr.	fr.	fr.
Riesa.	66.6	2	33.3	6.60	5.00	3.30
Dresde.	114.5	3h.30 à 4h	32k.7 à 29k.4	11.00	8.30	5.50

Par 100 kilogrammes de marchandises on paye 4fr.88, 2fr.44 et 1fr.34, suivant les classes.

2° *Chemin de fer de Leipzig aux frontières bavaroises par Altenbourg et Plauen.*

Ce chemin est la tête de la grande ligne qui est en pleine exécution et qui doit relier Leipzig et tout le nord de l'Allemagne avec Munich et même plus tard le lac de Constance. La construction de cette ligne est assurée entre les états de Saxe et de Bavière, par convention du 14 janvier 1841 (*voir* ci-dessous page 427). C'est en juin 1841 que l'on donna le premier coup de pioche; le 19 septembre 1842 on livra au public la partie jusqu'à Altenbourg; le 15 mars 1843, celle jusqu'à Krimmitzschau; et la partie jusqu'à Werdau, avec un petit embranchement de $7^{km}.50$ sur Zwickau, n'a dû être achevée qu'au commencement de 1845; on en est encore aux études pour la partie de Werdau par Reichenbach, Steplau et Plauen jusqu'aux frontières bavaroises près Hof.

Le capital social pour toute la ligne est de 22 300 000 francs, et l'on espère que les frais de construction ne dépasseront pas 31 300 000 francs.

Sur les 22 300 000 fr. du capital social, les états de Saxe et d'Altenbourg ont souscrit pour le quart ou 5 575 000 fr. et ont garanti un intérêt de 4 pour 100 aux trois autres quarts laissés au public. Un fonds de réserve pour travaux extraordinaires, qui ne doit pas dépasser 446 000 fr., sera prélevé sur les recettes. Au bout de vingt-cinq ans, les états peuvent racheter le chemin d'après le prix des actions à cette époque et le taux de 4 pour 100.

Entre Leipzig et Krimmitzschau, sur 67 kilomètres, la dépense au 31 décembre 1843 était de $9\,682\,685^{fr}.40$, et entre Krimmitzschau et Zwickau, de $1\,086\,845^{fr}.40$.

Les pentes les plus grandes sont de 5 millimètres, et les plus petits rayons de courbure de $800^{m}.00$. Les 0.71 de la

longueur sont des alignements droits. Sur l'embranchement il y a des pentes de $9^{mm}.1$.

La longueur de Leipzig à Altenbourg est de $38^{km}.85$, et a coûté 8 980 000 francs; d'Altenbourg à Werdau il y a une longueur égale de $38^{km}.85$; la ligne totale, avec l'embranchement de Zwickau qui est de $7^{km}.40$, doit avoir 148 kilomètres.

On remarque surtout les bâtiments de la station de Leipzig, qui occupent un emplacement de 566 mètres de longueur sur 142 mètres de largeur, et sont construits avec beaucoup de grandiose. La grande halle couverte, qui sert aux arrivées et aux départs des convois, a 100 mètres de longueur sur $25^{m}.90$ de largeur intérieure, avec 4 voies dont les voies extérieures sont éloignées de $3^{m}.32$, et deux trottoirs de $4^{m}.40$ de largeur chacun.

Les rails sont dans le système Vignoles et pèsent $22^{kg}.40$ par mètre; ce poids a plus tard été porté à 30 kilogrammes; la largeur du chemin en couronnement est de 7^{m} 92.

Les principaux ouvrages d'art sont : le pont sur la Pleisse de 221 mètres de longueur, celui sur le Muhlgraben de 153 mètres, et trois autres ponts sur la Pleisse, dans la partie supérieure, de 68 mètres et 85 mètres.

Entre Krimmitzschau et Werdau, sur 11 kilomètres il y a cinquante deux ouvrages d'art, dont le viaduc de Psaugrund a 79 mètres de longueur et $17^{m}.50$ de hauteur,

Sur l'embranchement de Zwickau il y a trois viaducs dont l'un a 127 mètres de longueur et $22^{m}.50$ de hauteur, l'autre a 85 mètres de longueur et 21 mètres de hauteur, et le troisième a 184 mètres de longueur et 22 mètres de hauteur.

Voici le résumé des principales circonstances qu'a présentées l'exploitation de ce chemin :

	Du 19 septembre au 31 décembre 1842.	1843.
Recettes :	fr.	fr.
Pour les voyageurs	84 574.60	324 430.80
Pour les marchandises	8 809.70	119 088.20
Fret de poste, etc.	»	5 069.00
Recette totale	93 384.30	448 588.00
Dépenses correspondantes :	fr.	fr.
Entretien du chemin	13 601.20	83 571.90
Stations	6 312.20	34 842.90
Service du transport	11 414.10	33 921.60
Voitures	2 678.80	21 889.20
Locomotives	19 265.90	88 034.10
Habillement	6 763.60	5 187.40
Ateliers de machines	4 773.00	8 846.70
Indemnités de poste, charges diverses, etc.	»	20 268.60
Outils pour la partie en exploitation	»	5 642.50
Dépenses diverses	1 150.70	26 758.40
Total	65 989.50	328 963.30
	kilom.	kilom.
Kilomètres parcourus par les voitures	180 493.40	1 060 804.80
Kilomètres parcourus par les locomotives	17 049.60	82 732.00
Nombre de voitures correspondant à une locomotive	voit. 10.58	voit. 12.82
Coke brûlé par kilomètre parcouru	kilog. 9.8	kilog. 9.5
	voyag. p. 0/0	voyag. p. 0/0
Nombre de voyageurs de 1re classe	350 ou 0.802	1 659 ou 1.003
Id. de 2e classe	5 628 ou 12.902	22 534 ou 13.626
Id. de 3e classe	37 644 ou 86.296	141 180 ou 85.371
Total	43 622 100	165 373 100
	kilom.	kilom.
Kilomètres parcourus par tous les voyageurs	1 492 964.80	5 640 960.80
	cent.	cent.
Recette par kilomètre et par voyageur	5.665	5.75
	tonn.	tonn.
Tonnes de marchandises transportées	906	14 972.70
Tonnes transportées à 1 kilomètre	»	563 702.40

Dans les onze premiers mois de 1844 on a transporté 204 713 voyageurs et 19 735 tonnes de marchandises.

10 locomotives anglaises circulent déjà sur cette ligne ; de plus il y a 6 waggons de 1re classe à 18 places, 16 de 2e classe à 24 places, 47 de 3e classe à 30 places ; 1 de 3e classe à 40 places, 4 mixtes à 26 places et 212 autres voitures.

De Leipzig à Krimmitzschau on paye, par voyageur,

8fr.80, 5fr.50 et 3fr.30 suivant les classes; on paye par 100 kilogrammes et par kilomètre 0fr.01 et 0fr.02, suivant les différentes classes.

Par 4kg.67 d'excédant de bagage et par kilomètre, on paye 0cent.27.

3° *Chemin de fer saxo-silésien.*

Le 24 juin 1843, un convention entre la Saxe et la Prusse décida qu'il serait construit un chemin de Dresde à Gorlitz par Bautzen et Lobau, que la compagnie prussienne du chemin de Francfort à Breslau ferait un embranchement sur Gorlitz, et que la compagnie saxonne devrait avoir achevé les travaux entre Dresde et Gorlitz le 1er juillet 1847. (*Voir* ci-dessus page 313.)

Le gouvernement saxon souscrivit pour un tiers du capital social, évalué à 22 200 000 fr.; les 14 800 000 fr. restants furent partagés en 40 000 actions à 370 fr. chacune, auxquelles l'état garantit un intérêt de 4 pour 100 pendant vingt-cinq ans; et à cette époque l'état, s'il ne veut plus continuer cette garantie, aura le droit de rachat en capitalisant à 4 pour 100 le revenu net moyen des dix dernières années dont on aura défalqué les deux années du plus fort et plus faible produit. Après que l'on aura soustrait du revenu net les 4 pour 100 du capital, la moitié du reste doit être mise en fonds de réserve, sans cependant qu'il puisse dépasser le vingtième du capital social.

Le jour où l'on ouvrit la souscription pour les 14 800 000 fr., on reçut pour plus de 215 000 000 fr. d'offres. Le 22 août 1844, l'acte de concession fut approuvé par le roi de Saxe, et dès le 10 juin on commença les travaux; on espère que toute la ligne pourra être livrée le 1er juillet 1847. Au 1er août 1845, la première section de Dresde à

Radeberg a dû être livrée sur 16 kilomètres, en même temps que la seconde jusqu'à Bischofswerda sur 37 kilomètres.

Les plus grands travaux d'art sont le viaduc de la vallée de Demitz, de 226 mètres de long et $17^{m}.5$ de haut, et celui de la Sprée près Bautzen, de 241 mètres de longueur sur $19^{m}.80$ de hauteur.

Le point le plus bas au départ est à $6^{m}.78$ au-dessus du zéro de l'échelle de l'Elbe à Dresde; le point le plus élevé à la station de Bischofswerda est à 183 mètres au-dessus du zéro; la station de Bautzen est à 98 mètres au-dessus du même niveau.

La longueur totale est de $102^{km}.20$. Au départ près de Dresde, il y a des rampes de $18^{mm}.2$ sur 1 700 mètres, de $15^{mm}.4$ sur 1 017 mètres, et de $11^{mm}.1$ sur 2 850 mètres. Ailleurs il y a assez souvent des pentes de $7^{mm}.15$ jusqu'à Bautzen; au delà de Bautzen les projets ne sont pas encore arrêtés, excepté entre Lobau et Reichenbach, où les travaux sont déjà commencés.

Les rayons de courbure descendent à 680 mètres.

La largeur du chemin entre les arêtes est de $7^{m}.90$.

Les rails sont dans le système Vignoles, et pèsent 33 kilogrammes par mètre courant.

4° *Chemin de fer saxo-bohémien.*

D'après la convention arrêtée le 30 juillet 1842, entre la Saxe et l'Autriche, un chemin de fer doit être construit entre Dresde et Prague par la vallée de l'Elbe (*voir* ci-dessus page 301). Les travaux doivent être commencés au printemps de 1845, et au plus tard à celui de 1846.

Le 20 juin 1844, le ministre de Saxe offrit à la compagnie de Leipzig à Dresde la concession de cette ligne aux

conditions suivantes : 1° un prêt de 3 700 000 fr., dont on payerait les intérêts à 2 pour 100 pendant dix ans, au bout desquels aurait lieu le remboursement ; 2° le chemin traverserait l'Elbe près Dresde, sur un pont dont l'état payerait la moitié des frais ; 3° la compagnie payera annuellement à la caisse de la poste une indemnité de 3 700 à 4 550 fr. Ces conditions ne furent pas acceptées par la compagnie, et il vient d'être décidé, en juin 1845, que les travaux seront exécutés par l'état et commencés immédiatement.

La ligne doit suivre la rive gauche de l'Elbe et avoir des stations à Pirna, Kœnigstien, Krippen et aux frontières : la longueur est de $54^{km}.90$; sa largeur doit être de $8^{m}.20$.

Les évaluations ont été faites ainsi :

Pour la ligne avec une voie et le matériel.	10 800 000 fr.
Pour la seconde voie.	1 910 000
Pont sur l'Elbe, déduction faite d'une subvention de 1 100 000 fr promise par l'état.	958 000
Total.	13 668 000

Cependant la compagnie avait compté sur un capital social de 16 220 000 fr.

5° *Chemin de fer l'Erz* (*Chemnitz-Riesa*).

Déjà lors de la réunion industrielle qui eut lieu en 1835 à Chemnitz, on eut l'idée d'unir les montagnes de l'Erz avec Leipzig et Dresde au moyen d'un chemin de fer.

Les chambres saxonnes eurent à décider si l'on relierait Chemnitz à Riesa sur le chemin de Leipzig à Dresde, ou à Zwickau vers le chemin saxo-bavarois, ou bien si l'on ferait la ligne entière de Zwickau à Riesa. Il fut arrêté, dans la session de 1843, que la ligne seule de Chemnitz à Riesa

serait comprise dans le réseau des chemins saxons auquel l'état devrait un secours et dont l'exécution serait assurée dans dix ans. Il fut cependant décidé que les chemins intérieurs de Chemnitz à Riesa et de Lobau à Zwittau ne seraient entrepris que lorsque l'exécution des autres vers l'extérieur serait tout à fait assurée.

L'administration saxonne fit de suite tout pour assurer l'exécution de cette ligne importante, et dès le 26 août 1844 elle soumit à une réunion d'actionnaires les conditions de la concession qui sont les suivantes :

L'état prend le quart des actions; les travaux seront achevés en 1848; le capital social est de 14 800 000 fr. Les actionnaires firent le premier versement en octobre, les formalités de l'expropriation purent déjà être terminées en 1844, et au printemps de 1845 on a dû mettre la main à l'œuvre pour les travaux sur le terrain.

La longueur totale de la ligne est de 70 kilomètres; les travaux sont estimés à 10 185 000 fr. ; mais à cause des intérêts à 4 pour 100 à payer pendant la construction et des dépenses imprévues, on a porté le capital à 14 800 000 fr.

Il y a des rayons de courbure qui descendent à 395 mètres, mais en général ils sont au-dessus de 680 mètres. Il y aura sur cette ligne un plan incliné avec machine fixe de 2 kilomètres environ, avec une pente de $0^m.0285$ à $0^m.04$ par mètre. La Mulde près Pischwitz sera franchie par un pont de $22^m.60$ de haut sur 226 mètres de longueur.

6° *Chemin de fer de Lobau à Zwittau.*

Lorsque les chambres de Saxe décidèrent, en 1843, que le chemin de Lobau à Zwittau ferait partie du réseau auquel l'état devait concourir, il n'était question que d'une ligne exploitable par des chevaux.

Cependant on considéra que le chemin à chevaux ne remplirait pas son but, qu'en Amérique on a le plus souvent substitué la vapeur aux chevaux, que le chemin de terre avait 22^{km}.20, tandis que la ligne de fer avait 33^{km}.10, et qu'ainsi avec des chevaux on n'abrégerait pas le temps de parcours.

Il fut donc décidé que l'on ferait une ligne à vapeur dont le capital social fut porté à 7 400 000 fr.

La réunion générale des actionnaires du chemin saxo-silésien décida, le 15 mai 1844, qu'elle ne se chargerait pas de la construction, et qu'il y avait lieu de former une nouvelle compagnie : on trouva pour 102 500 000 fr. de souscriptions, ou quinze fois plus qu'il n'en fallait.

En juin l'acte de concession fut accordé, et l'état prit un quart des actions. Le 18 septembre, on fit les premiers versements de fonds, on mit la main à l'œuvre immédiatement, et toute la ligne sera achevée le 1er juin 1847.

7° *Chemin de fer de Leipzig à Durenberg.*

La dernière ligne classée dans le réseau des chemins de Saxe, pour lequel l'état est autorisé à prendre le quart des actions et assurer un intérêt de 4 pour 100 au trois quarts des autres actions avec faculté de rachat vingt-cinq ans après l'achèvement de la ligne entière, est le chemin de Leipzig à Durenberg, de 14^{km}.80 de longueur, qui doit mettre cette première ville en communication avec le chemin de la Thuringe en construction, de Halle à Gestungen par Weimar.

Chemins de fer dans les différents états de Saxe.

Le 19 août 1842, les duchés de Saxe-Weimar, Meinungen et Gotha firent une convention pour assurer la construction d'un chemin entre Bamberg et Gestungen par Cobourg, Hildburghausen et Meinungen, pour réunir les chemins de Bavière et de la Thuringe; cette ligne doit même, d'après la convention, être prolongée jusqu'à Cassel. Tout porte à croire qu'elle sera bientôt mise en exécution, quoique rien ne soit encore arrêté à cet égard.

Le duché d'Anhalt-Bernburg a traité en avril 1844 pour l'exécution d'un chemin qui relierait Bernburg à Cœthen, au moyen d'une garantie d'intérêt à 3 pour 100; la longueur de cette ligne doit être de 37 kilomètres.

IV. — Chemin de Hambourg à Bergedorf.

Le chemin de Hambourg à Bergedorf fut concédé à une compagnie en juin 1840 ; c'est le 5 mai 1842, jour de l'incendie de Hambourg, que devait avoir lieu l'inauguration de ce chemin : elle fut remise au 17.

Cette ligne a 15^{km}.50 de longueur. Le capital social est formé par 5 160 actions de 570 fr. ; dans la réunion générale des actionnaires, du 13 juillet 1844, on a décidé que ce nombre d'actions sera doublé pour disposer le chemin à devenir la tête de la grande ligne de Berlin. (*Voir* ci-dessus page 329).

On agrandit pour cela de 492 ares la station de Hambourg qui en avait déjà 164.

Les dépenses faites au 31 décembre 1844 sont :

	fr.
Indemnités de terrains	963 839 60
Terrassements	339 744.70
Station de Hambourg	268 606 80
Station de Bergedorf	43 223.10
Engravement de la voie	133 273.60
Hôtel à Bergedorf	156 485 90
Construction de la voie de fer	579 180 80
Locomotives, tenders	200 478.50
Voitures, etc.	260 026.40
Outils, matériel	56 433.80
Ouvrages d'art, frais de conduite	483 968 00
Total des frais de construction	3 485 261.20

Ce qui fait revenir le kilomètre à 225 000 fr. Pour couvrir les frais de construction, on a fait un emprunt de 570 000 fr.

La plus grande partie de ce chemin est en remblai sur une hauteur de 2 mètres environ, qui a 9^{m}.15 de largeur en crête ; seulement, près de Hambourg il y a eu un déblai

de 105 300 mètres cubes qui a servi aux remblais de Hammerbrook dont la station est à 2m.30 au-dessus du sol; celle de Bergedorf est même en remblai de 3m.15.

Le chemin est presque partout horizontal et les pentes varient de 1 à 2 millimètres seulement; près de la station de Hambourg il y a une pente de 10 millimètres sur 186 mètres de longueur, qui est plutôt avantageuse pour accélérer les départs et ralentir les arrivées. Près de Bergedorf il y a une courbe de 130 mètres de rayon. Le pont le plus important est celui sur la Bille, près de Bergedorf, qui a douze travées de 9m.15 d'ouverture, et qui a coûté 63 080 fr.

Les rails pèsent 30kg.7 par mètre et sont assujettis dans des coussinets, tous les ouvrages ont été faits pour deux voies, mais on n'en a encore posé qu'une.

Pour l'exploitation en emploie 4 tenders et 4 locomotives anglaises chauffées au coke, 19 voitures à 1 064 voyageurs et 10 waggons pour les marchandises.

Les principales circonstances de l'exploitation sont :

	1842	1843
	fr.	fr.
Frais d'administration.	17 804.90	23 066.00
Frais d'exploitation.	50 226.50	69 353.80
Entretien du chemin.	46 508.20	67 450.00
Intérêts de l'emprunt, constructions nouvelles.		8 966.10
Total des dépenses.	114 539.60	168 835.90
Recettes correspondantes. .	138 147.10	174 691 70
Recettes nettes.	23 607.50	5 855.80
	km.	km.
Kilomètres parcourus par les locomotives. .	38 261	57 205
Id. par les voitures . . .	107 677	175 456
	kg.	kg.
Coke brûlé par kilomètre parcouru, à 4fr.30 les 100 kilogrammes.	7.45	7.65
Nombre de convois.	1 133	1 732
Voyageurs de 1re classe.	3 073	1 651
Id. de 2e classe.	21 501	22 577
Id. de 3e classe.	129 074	174 093
Total des voyageurs.	153 648	198 321

En 1844 le nombre total des voyageurs était de 193 436 et la recette correspondante de 159 053$^{fr.}$.70 ; les recettes pour les marchandises sont de 8 838$^{fr.}$.30 pour 1843 et de 14 409$^{fr.}$.20 pour 1844.

Le trajet se fait en vingt-cinq minutes et les prix sont établis ainsi avec 19 kilogrammes de bagages :

Le dimanche, 2$^{fr.}$.37, 1$^{fr.}$.90, 1$^{fr.}$.18 ;

Les autres jours, 1$^{fr.}$.90, 1$^{fr.}$.43, 0$^{fr.}$.95 ;

Pour 11^{kg}.8 d'excédant on paye 0$^{fr.}$.118.

V. — Chemins de fer du grand-duché de Schleswig-Holstein.

1° Chemin de fer d'Altona à Kiel.
Embranchement sur Gluckstadt ; page 407.
Embranchement de Rendsburg à Neumunster ; page 408.
2° Chemins de fer divers de Rendsburg et Kiel vers le Nord ; page 408.
3° Chemin de fer de Flensburg à Husum et Tœnning ; page 409.
4° Chemin de fer de Gluckstadt à Heide ; page 410.

1° *Chemin de fer d'Altona à Kiel.*

En 1832 M. Émile Muller de Lubeck s'est occupé de relier par un chemin de fer la mer Baltique avec la mer du Nord, mais ce n'est qu'après que le Danemark eut fait connaître, le 18 mai 1840, les conditions auxquelles il concéderait les chemins de fer, qu'il se forma un comité à Kiel pour relier cette ville avec Altona. D'après les études faites par l'ingénieur anglais Buck, le capital constitutif devait être de 18 500 actions de 565 fr. Le 30 décembre, une ordonnance royale autorisa cette souscription, qui se fit assez lentement, car 16 074 actions seulement étaient prises le 28 juin 1842, lorsque l'acte de concession fut accordé. Le premier coup de pioche fut donné sur le terrain le 8 mars 1843; en juillet 1844, les convois d'essai parcouraient déjà la ligne qui ne fut livrée au public que le 18 septembre, quoique les stations extrêmes ne fussent pas encore achevées.

La longueur de la ligne d'Altona à Kiel est de 105 kilomètres; au delà de la station d'Altona il y a une rampe de $5^{mm}.43$ sur 1 330 mètres, et avant celle de Kiel il y en a une de 5 millimètres sur 1 890 mètres ; partout ailleurs les pentes et les rampes sont en général de $2^{mm}.5$. Les rayons de courbure ont en général 1 800 mètres, cepen-

dant il y en a une de 910 mètres et six de 1 135 mètres.

Les dépenses ont été estimées pour :

	fr.
Les indemnités de terrains, à.	380 550.78
La construction du chemin, terrassements et ouvrages d'art.	2 815 460.10
La construction de la voie de fer.	2 499 639.03
Les locomotives, tenders et voitures à.	1 032 750.00
Le quai d'Altona à.	451 350.00

On pense que la dépense totale ne sera que de 9690 000 fr. ou 90 000 par kilomètre.

Le cube des terres remuées est de 116 300 mètres cubes ; le terrain est en grande partie composé de sable seulement.

Il y a 333 ponts ou aqueducs ; la ligne est traversée par 162 chemins, dont 139 à niveau, 21 au-dessous et 2 au-dessus.

La station d'Altona, à 30 mètres au-dessus du niveau ordinaire du fleuve, est mise en communication avec l'Elbe au moyen d'un plan incliné de $0^{m}.154$ par mètre et d'une machine à vapeur fixe. On vient de substituer un chemin atmosphérique à ce plan incliné, avec un télégraphe électrique. La station de Kiel, à $5^{m}.1$ au-dessus du niveau de la mer, communique avec le port sur la Baltique au moyen d'un chemin qui traverse une partie de la ville, et sur lequel la traction sera faite au moyen de chevaux.

La largeur des terrassements est de $8^{m}.94$.

Les rails de ce chemin sont dans le système Vignoles, ils pèsent environ de $27^{kg}.5$ à 29 kilogrammes par mètre et reposent sur des traversines éloignées de $0^{m}.95$.

Le détail de construction d'une longueur de voie d'une verge, ou de $4^{m}.56$, est :

	fr.
2 rails pesant environ 270 kilogrammes, rendus à Gluckstadt.	39.00
2 plaques de fer de $3^{kg}.8$.	1.50
24 clous de 14 kilogrammes.	4.50
5 traversines de $2^{m}.28$ de longueur sur $0^{m}.166$ et $0^{m}.190$ d'équarrissage.	18.75
Pose et emploi.	3.00
Transport des rails et des traversines.	5 25
Total.	72.00

Le matériel d'exploitation consiste en 10 locomotives anglaises qui sont garanties pour ne brûler que $4^{kg}.25$ par kilomètre pour un convoi ordinaire de 40 tonnes marchant avec une vitesse de 48 kilomètres à l'heure, en une voiture de 1re classe, 9 voitures mixtes de 1re et 2e classe, 4 de 2e classe, 24 de 3e classe, 12 waggons de marchandises à huit roues, 4 waggons de bagages et de poste, et 70 voitures de marchandises à six roues. On a l'intention de commander encore quatre grandes locomotives pour les grands convois de marchandises.

Il y a sur la ligne 112 gardes.

Du 9 septembre au 31 décembre 1844, on a transporté 97 430 voyageurs et l'on a perçu 254 $666^{fr.}.97$.

Le trajet se fait en trois heures, sur lesquelles il y a vingt-huit minutes de temps d'arrêt; il y a tous les jours deux convois qui partent de chaque extrémité. Les prix pour tout le trajet sont de $11^{fr}.50$, $7^{fr.}.65$, $3^{fr.}.82$ avec 25 kilogrammes de bagage et par 5 kilogrammes d'excédant on paye $0^{fr.}.382$; pour 50 kilogrammes de marchandises accélérées, on paye $1^{fr.}.435$, ou $27^{fr.}.3$ par tonne et par kilomètre.

La durée d'un voyage de convoi de marchandises est de quatre heures à cinq heures 1/2, et suivant les différentes classes on paye par 50 kilogrammes et pour le trajet total, $0^{fr.}.765$, $0^{fr.}.574$ et $0^{fr.}.335$, c'est-à-dire $14^{c}.6$, $10^{c}.9$ et $6^{c}.38$ par tonne et par kilomètre.

Embranchement sur Gluckstadt.

Cet embranchement, qui réunit Gluckstadt à Elmshorn sur le chemin de Kiel, a été concédé pour 100 ans. En août 1844, la société fut constituée en un capital de 1 600 actions de 565 fr., et les travaux doivent être achevés au printemps de 1845; sa longueur est de $15^{km}.9$: de la station il part un petit tronçon de 850 mètres qui longe la rive de

l'Elbe et qui permet de transborder directement les marchandises des navires sur les waggons. La dépense totale est évaluée à 902 700 fr., ce qui fait en nombre rond 66 000 fr. par kilomètre. La station de Gluckstadt est évaluée à 133 000 fr., et sa jonction avec le port de l'Elbe à 93 000 fr. Le mode de construction est le même que sur le chemin de Kiel. Les pentes sont insignifiantes.

Embranchement de Rendsburg à Neumunster.

Le 29 décembre 1840, un comité formé à Rendsburg reçut l'autorisation d'étudier l'embranchement sur la ligne de Kiel à Altona ; mais ce ne fut que le 26 juillet 1844 que le roi autorisa la souscription pour les 2 600 actions de 565 fr. chacune nécessaires à la construction de la ligne. On n'a pu réaliser la souscription pour toutes les actions, et un emprunt privilégié a été fait pour compléter le déficit de 1 043 actions non réalisées. Les travaux ont été commencés dès l'ouverture de campagne de 1845, et le 18 novembre on a inauguré la ligne. La longueur de la ligne est de $33^{km}.3$, et le kilomètre est estimé à 43 333 fr.

Les plus grandes pentes sont de 3 millimètres et les rayons de courbure maximum de 1 132 mètres. La largeur des terrassements est de $4^{m}.53$. Les rails, dans le système Vignoles, pèsent 28 kilogrammes par mètre.

2° *Chemins de fer divers de Rendsburg et Kiel vers le Nord.*

Il y a deux projets pour relier Flensburg et Schleswig au chemin d'Altona : le premier aboutirait à Rendsburg et aurait une longueur de $59^{km}.2$ entre Flensburg et Rendsburg, et coûterait 6 800 000 fr. ; le second relierait Schles-

wig à Kiel par Eckernfœrde, et aurait entre Schleswig et Kiel une longueur de $45^{km}.5$, qui est évaluée à 5 130 000 fr. Rien n'est encore arrêté sur le choix de ces deux lignes.

Au delà de Flensburg jusqu'à Apenrade il existe un autre projet de 33 kilomètres de longueur qui est évalué à 2 800 000 fr.; et Apenrade doit être relié au Nord à Hadersleben et Aarœsund par une ligne de 40 kilomètres, évaluée à 4 millions.

Il est à présumer que la grande ligne vers le Nord d'Altona à Hadersleben sera réalisée prochainement.

On a aussi étudié un embranchement de Flensburg à Sondersburg de $44^{km}.4$, à 4 000 000 fr., et de Rendsburg à Eckernfœrde, à 1 400 000 fr.

3° *Chemin de fer de Flensburg à Husum et Tœnning.*

Dès 1837 on a eu l'idée de construire cette ligne pour relier la mer du Nord avec la mer Baltique; le gouvernement se chargea même, en 1840, des frais d'étude, et le 19 août 1844, une concession pour 100 ans fut accordée pour la construction d'un chemin de Flensburg à Tœnning, avec embranchement sur Husum, à une société constituée à 9 000 actions de 565 fr., ce chemin reçut le nom de Frédéric-Charles-Christian. Le premier versement de 25 pour 100 devait se faire le 11 novembre 1844, mais plusieurs souscripteurs de Hambourg firent défaut : cela retardera peut-être un peu le commencement des travaux, qui devait avoir lieu dans les premiers jours de 1845.

La longueur de la ligne principale est de 60 kilomètres, l'embranchement sur Husum a 600 mètres.

A partir de Flensburg, sur une longueur de 4 760 mètres, on trouve des rampes de $10^{mm}.4$, de $9^{mm}.6$ et de $5^{mm}.63$;

au delà les pentes sont faibles et le terrain est facile. Près de Flensburg il y a un rayon de 227 mètres, mais que l'on pourrait augmenter au moyen d'une tranchée de 5 mètres seulement; au delà les rayons sont de 1 200 mètres.

Cette ligne raccourcirait beaucoup le parcours des marchandises venant du Havre et de la Hollande et allant vers Kronstadt, Stockholm et Copenhague.

4° *Chemin de fer de Gluckstadt à Heide.*

Après la concession de l'embranchement de Gluckstadt sur Elmshorn, il se forma une compagnie pour le prolonger vers l'ouest sur Heide par Krempe, Itzehoe, Wilster et Meldorf. Le 4 janvier 1845, le roi de Danemark autorisa la formation d'une compagnie avec promesse d'une concession pour 100 ans, si au 31 décembre 1845 on avait réuni une souscription pour 10 000 actions de 565 fr.

La longueur totale de cette ligne est de 70 kilomètres, et les dépenses sont évaluées à 5 650 000 fr.

VI. — Chemins de fer du Brunswick.

De Brunswick à Harzburg, et vers Oschersleben et le Hanovre.

Le 13 novembre 1837, une convention avec le Hanovre autorisa l'état de Brunswick à passer sur le territoire hanovrien pour l'exécution du chemin de Harzburg, qui a été construit et est administré par l'état de Brunswick, depuis la capitale de ce nom, Pl. 94. Le 22 août 1837, on commença les travaux, et déjà, le 30 novembre 1838, on livra la partie de Brunswick à Wolfenbuttel ; mais ce n'est que le 31 octobre 1841 qu'on livra toute la ligne jusqu'à Neustadt au pied de Harzburg.

Ce chemin a surtout été construit pour le transport des bois et des matériaux qui viennent des montagnes du Harz, et pour les amateurs qui vont visiter les beaux sites du Brocken.

Dans le principe, les locomotives n'allaient pas au delà de Vienenburg ; de là à Harzburg, les trains étaient tirés par des chevaux ; à la descente, les convois étaient abandonnés à leur propre poids, mais l'on était obligé de tenir toujours les freins serrés. Il est arrivé quelquefois que des waggons vides de la station de Harzburg ont été poussés par le vent sur la pente roide qui y aboutit, et sont descendus ainsi avec une telle rapidité qu'ils ont dépassé la station de Vienenburg : pour éviter des accidents pareils, on a fermé cette station au moyen de barrières en bois. Depuis le mois d'octobre 1843, l'exploitation se fait en entier au moyen de locomotives ; cependant les rampes, à partir de Vienenburg, sont de $9^{mm}.75$ sur 1 015 mètres, de $9^{mm}.9$ sur 1 740 mètres, de 13 millimètres sur 940 mètres, de $13^{mm}.07$ sur 1 287 mètres, de $17^{mm}.23$ sur 824 mè-

tres, de $10^{mm}.02$ sur 188 mètres, de $21^{mm}.7$ sur 437 mètres, Pl. 94, *fig.* 3. Dans la station de Harzburg, la rampe est de 5 millimètres sur 113 mètres : ainsi, sur une longueur de 6431 mètres, les rampes augmentent de $9^{mm}.75$ à $21^{mm}.7$. C'est peut-être le seul chemin de fer qui, avec d'aussi fortes pentes, soit exploité par des locomotives.

La longueur totale depuis Brunswick a $45^{km}.6$ et a coûté 4 380 455 francs ou 96 000 francs par kilomètre. Les terrassements et les ouvrages d'art n'y ont aucune importance. Le rayon minimum a 1120 mètres et coïncide avec une rampe de $3^{mm}.88$; à la rampe de $21^{mm}.7$ correspond un rayon de 1770 mètres.

La largeur des ouvrages est de 4 mètres, pour une seule voie, et de 8 mètres pour deux voies entre Brunswick et Wolfenbuttel.

Les rails, construits d'après le système de Vignoles, reposent sur des longrines et des traversines (4 traversines pour 1 rail) : jusqu'à Vienenburg ils pèsent $26^{kg}.2$ par mètre courant ; dans la partie supérieure on avait, dans le commencement, employé des rails plats de $52^{mm}.4$ de largeur et $26^{mm}.2$ d'épaisseur, pesant $8^{kg}.45$ par mètre ; mais depuis que l'on a appliqué dans cette partie la traction par locomotives, on a remplacé les rails plats par des rails Vignoles pesant 34 kilogrammes par mètre, avec des traversines éloignées de $0^{m}.85$ seulement et des plaques de fer forgé interposées, de $4^{kg}.5$.

Avant l'achèvement de la ligne de Magdebourg, il y avait en usage 7 locomotives, dont 2 anglaises, 3 américaines de Norris, une des ateliers de l'administration du chemin et une des ateliers de Zorze dans le Harz, construite d'après le nouveau système américain ; depuis 1843, pour franchir les fortes pentes entre Vienenburg et Harzburg, on a fait venir, des ateliers de Robert Stephenson à Newcastle, deux locomotives construites d'après un nouveau système pour lequel il a pris un brevet.

En octobre 1843, on fit des essais sur le chauffage avec la tourbe, et on y appela de Vienne M. Klein, pour l'application de son appareil contre les flammèches : ces expériences firent concevoir l'espoir d'une économie de 30 à 50 pour 100 et d'une moindre détérioration des locomotives, à cause de l'absence totale du soufre dans la tourbe.

En général, le combustible figure pour les 0.25 dans les frais d'exploitation ; et l'on pense pouvoir le réduire de 0.10 ; mais on ne sait pas si cet espoir a été réalisé. Pour mettre le feu en activité, il sera toujours nécessaire d'employer du bois ; mais 45 minutes suffisent pour donner à la vapeur la tension convenable. L'expérience a prouvé que, pour commencer le feu, $0^{m.c.}.925$ de bois fait autant que 188 kilogrammes de coke.

Les expériences que l'on a faites sur ce chemin pour franchir les pentes énormes de $21^{mm}.7$, au moyen des nouvelles locomotives à brevet de Robert Stephenson, ont eu un grand retentissement en Allemagne, et exerceront sans doute dans ce pays une grande influence pour le tracé de ces chemins en pays de montagne : nous allons donc les mentionner ici.

La traction par les chevaux, sur un chemin aussi fréquenté, était un moyen insuffisant et même très-onéreux : pour chaque voiture contenant vingt-quatre voyageurs au plus, il fallait 2 chevaux qui employaient $4'.7$ pour franchir un kilomètre, tandis qu'en plaine il ne fallait que 57 secondes : 2 chevaux étaient aussi nécessaires pour remonter 2 ou 3 voitures vides qui avaient servi à descendre des pierres et des bois.

Quelques essais avec des locomotives ayant donné de bons résultats, le gouvernement de Brunswick donna ordre, ainsi que nous l'avons dit, de remplacer les rails plats faibles par de forts rails de 34 kilogrammes par mètre, et fit venir de Newcastle deux locomotives brevetées d'après un nouveau système.

Ces locomotives ont des cylindres avec enveloppe de $0^{m}.381$ de diamètre, 3 paires de roues accouplées de $1^{m}.448$ de diamètre, une chaudière de $3^{m}.73$ de longueur, avec 135 tubes en tôle épaisse de $47^{mm}.6$ de diamètre, et sont à détente variable.

Chaque tender, monté sur 6 roues, peut porter de l'eau et du coke pour un voyage de 74 kilomètres.

Le 23 octobre 1843, on fit la première expérience avec 35 voitures à 144 roues chargées de voyageurs et de marchandises pesant ensemble 82 200 kilogrammes : la partie de Brunswick à Wolfenbuttel, de 11 840 mètres de longueur avec une rampe maxima de $1^{mm}.25$, fut parcourue en 18 minutes avec une pression de vapeur de $3^{kg}.865$ par centimètre quarré ; de Wolfenbuttel à Schladen, pour une longueur de 18 501 mètres avec une rampe maxima de 5 millimètres, on a employé avec la même pression, 26 minutes ; de Schladen à Vienenburg, pour une longueur de $7^{km}.4$ et une rampe maxima de 6 millimètres, on mit 14 minutes avec une pression de $4^{kg}.217$. Ensuite on détacha 5 voitures vides ; les 30 autres à 124 roues pesaient encore 72 600 kilogrammes ; et la distance de 7 850 mètres jusqu'à Harzburg fut parcourue en 21 minutes avec une tension de 4^{kg} 92. Le temps était sec. La machine consuma $8^{kg}.2$ de coke et 66 litres d'eau par kilomètre, tandis qu'habituellement, de Brunswick à Oschersleben, on ne consume que $5^{kg}.05$ de coke et $37^{lit}.6$ d'eau par kilomètre.

Dans un second essai, on reprit les 5 voitures que l'on avait laissées en arrière ; mais la locomotive ne put alors franchir la rampe de $21^{mm}.7$, elle s'arrêta au milieu sans *cependant aucun glissement des roues :* on n'avait pas voulu pousser la tension de la vapeur au delà de $4^{kg}.92$. Il est probable que si le chemin n'eût pas été dans une courbe de 1730 mètres de rayon dans cette partie, la machine aurait franchi cette pente. On arrêta alors le convoi en serrant les freins et l'on détacha 11 voitures, et la locomotive, quoique

partant du repos, entraîna sans aucune difficulté les 24 autres voitures jusqu'au sommet de la rampe.

On espère donc que ces deux machines brevetées pourront dans un service régulier, avec la vitesse ordinaire et sans aucun danger, traîner 8 voitures avec 480 personnes; ce qui serait suffisant pour les chemins allemands même les plus fréquentés. Le service s'est ainsi très-bien fait jusqu'ici, même pendant l'hiver.

Du 1er décembre 1838 au 31 décembre 1839, pendant 13 mois, on a fait 3902 voyages pour le public et 24 voyages extraordinaires, et l'on a transporté :

3 280	voyageurs de 1re classe.
99 615	voyageurs de 2e classe.
222 108	voyageurs de 3e classe.
325 003	voyageurs en tout,

qui ont rapporté 138 491 francs; et les frais correspondants étaient de 81 207fr.60, sur lesquels 30 303 francs pour salaires et 31 435fr.20 pour houille d'Oberkirch.

En 1842, la recette s'est élevée à. 275 524fr.20

Et du 1er janvier 1843 au 1er juillet à. . . 118 425 90

En 1840, le nombre de voyageurs s'est élevé à 312 000; en 1841, toute la ligne était livrée, et le nombre des voyageurs n'était que de 270 000 et en 1842 de 289 454; jusqu'au 16 juillet 1843 il y en a eu 128 062.

La recette correspondante aux marchandises a été de 105 046fr.70 en 1842, et de 48 207.fr30 du 1er janvier au 16 juillet 1843.

Depuis le 16 juin 1843, on n'a plus publié que le mouvement collectif de tous les chemins de Brunswick, sans donner le mouvement de chacun en particulier.

En 1842, on a perçu 275 524 francs. En été il part 6 convois par jour, et en hiver 4.

Le prix des places avec 23 kilogrammes de bagage et le temps de parcours sont :

De Brunswick à :	DISTANCES.	TEMPS.	KILOMÈTRES par heure.	PRIX DES 1res places.	2es places.	3es places.	4es places.
	kil.	h. m.	kil.	fr.	fr.	fr.	fr.
Wolfenbuttel.	11.1	» 20	33.3	1.24	0.77	0.46	0.31
Borsfum.	22.2	» 45	29.6	1.85	1.40	0.925	0.62
Schladen.	29.6	1 »	29.6	2.50	1.85	1.24	0.78
Vienenburg.	37.0	1 15	29.6	3.10	2.31	1.70	1.08
Harzburg.	45.6	1 30	30.40	3.70	2.63	2.01	1.24

Pour $4^{kg}.67$ d'excédant de bagage on paye $1^{cent}.3$ entre Brunswick et Wolfenbuttel ; pour les marchandises on paye $0^{fr}.0773$ par $46^{kg}.7$ et par $7^{km}.4$, ou $0^{fr}.0223$ par 100 kilogrammes et par kilomètre.

L'état de Brunswick a passé, le 22 février 1841, avec le Hanovre, une convention pour relier par une ligne de fer les villes de Brunswick, Hanovre, Zelle et Hildesheim, et le 10 avril 1841, avec la Prusse, pour se souder au chemin de fer de Magdebourg et de Minden. (*Voir* ci-dessus page 354, et ci-après page 419.)

La partie prussienne entre Oschersleben et Wolfenbuttel fut concédée le 14 janvier 1842, et l'état de Brunswick mit la main à l'œuvre à la fin d'octobre, pour sa partie : toute cette ligne fut livrée le 16 juin 1843. La distance d'Oschersleben à Wolfenbuttel est de $61^{km}.7$, et a coûté 5 920 000 francs ; les plus grandes pentes sont de $2^{mm}.5$, et le plus petit rayon de courbure de 1 370 mètres, Pl. 94, *fig.* 4. Le chemin a 8 mètres de largeur, et les rails dans le système Vignoles pèsent 34 kilogrammes par mètre.

Tout le matériel d'exploitation pour les différents chemins de fer de Brunswick consiste en 12 locomotives, en 54 voitures de voyageurs et 75 waggons de marchandises ; deux autres locomotives sont commandées.

Voici tout ce que l'on connaît sur le mouvement collectif de tous les chemins réunis de Brunswick.

	1843.	1844.
Nombre de voyageurs	338730	472502
	fr.	fr.
Recette relative aux voyageurs	299807.30	518965.70
Recette relative aux marchandises	148469.90	289103.20
Recette totale	448277.20	808068.90
Frais d'exploitation	227735.00	503200.00

Entre Wolfenbuttel et Oschersleben on paye 4fr.15, 2fr.80 et 1fr.83 avec 23 kilogrammes de bagage; par 4kg.67 d'excédant on paye, entre Brunswick et Magdebourg, 0fr.308; et pour 46kg.7 de marchandises, on paye 1fr.366 pour les marchandises accélérées, 0fr.838 pour les marchandises ordinaires, et 0fr.645 pour les produits du pays.

Le chemin de Brunswick à Hanovre fut livré au public le 19 mai 1844; de Brunswick à la frontière, il a 17km.7 de longueur et a coûté 2016500 francs.

La plus grande pente est de 2mm.78, et les plus petits rayons de 1800 mètres.

Le mode de construction est le même que pour la partie de Brunswick à Oschersleben.

De Brunswick à Hanovre, on met 52 minutes et on paye 5fr.87, 4fr.02 et 2fr.47 avec 23 kilogrammes de bagage; et pour 4kg.67 d'excédant on paye 0fr.216; pour 46kg.7 de marchandises accélérées on paye 1fr.236, et de produits du pays, 0fr.31.

VII. — Chemins de fer hanovriens.

1° Chemin de Hanovre à Brunswick ; page 419.
2° Chemin de Hildesheim à Harbourg, par Lehrte, Zelle, Uelzen et Lunebourg ; page 421.
3° Chemin de Hanovre à Minden ; page 422.
4° Jonction de Hanovre avec Brême ; page 422.
5° Chemin de fer du Bas-Ems sur la Westphalie et Osnabruck ; page 423.

La loi qui régit dans le royaume de Hanovre le mode d'expropriation relatif aux chemins de fer est du 8 septembre 1840, elle a été modifiée dans quelques-unes de ses dispositions par celle du 6 août 1844 ; dès cette époque il était question du réseau des chemins tel, à fort peu près, qu'il a été arrêté depuis et qui consiste :

1° En une ligne de Hanovre à Brunswick, et de Hildesheim à Zelle, dite ligne en Croix ;

2° En une ligne de Zelle à Harbourg sur Hambourg ;

3° En une ligne de Hanovre à Minden ;

4° Enfin en une ligne de Hanovre à Brême.

La construction et l'exploitation doivent avoir lieu aux frais de l'état moyennant un emprunt de 3 à 3.5 p. 100. La loi du 4 mai 1843 créa à cet effet trois caisses spéciales : la première qui est la principale est destinée à fournir les fonds nécessaires à la construction et à l'exploitation ; la deuxième est destinée à l'amortissement de l'emprunt, et la troisième qui est une caisse de réserve ne sert qu'aux réparations ou reconstructions extraordinaires : elles sont sous l'administration du ministère des finances, et la recette nette sert à payer : 1° les intérêts de l'emprunt ; 2° 0.5 pour 100 pour l'amortissement du capital ; 3° pareille somme de 0.5 pour 100 pour la caisse de réserve ; 4° enfin la moitié du restant est encore versée à la caisse d'amortissement et

l'autre moitié laissée à la disposition du gouvernement. Une autre loi de la même date organise une commission supérieure élue par les deux chambres pour administrer tout ce qui est relatif aux chemins de fer.

D'après un compte rendu aux chambres le 21 mars 1844, on avait perçu du 1er mai 1842 au 1er janvier 1844, pour l'exécution des chemins, une somme de 3 076 168fr.90, et jusqu'au 1er juin 1846 on devait en outre percevoir 33 432 704fr.20.

La station centrale de Hanovre avec les ateliers est portée à une somme de 1 876 901fr.70.

1° *Chemin de Hanovre à Brunswick.*

L'exécution de ce chemin fut décidée par les chambres le 24 janvier 1842, et le 18 juin suivant on mit déjà la main à l'œuvre sur le terrain. La partie jusqu'à Lehrte fut livrée au public le 22 octobre 1843, et jusqu'à Peine le 3 décembre suivant ; le 19 mai 1844 on ouvrit toute la ligne jusqu'à Brunswick.

La longueur de Hanovre aux frontières est de 41km.81, et jusqu'à Brunswick de 60km.31.

Les estimations avaient été portées pour :

	fr.
Les indemnités de terrains, à.	384 766.70
Les terrassements, à	513 996.60
La voie de fer, à.	1 533 024.70
Les traversées des chemins, à	86 354.30
Le bornage, à.	5 154.10
Le clôturage, à.	22 200.00
22 ponts et 10 aqueducs, à.	207 481.20
La station de Lehrte, à.	216 605.40
La station de Peine, à.	101 794.40
Les maisons de gardes, télégraphes, etc., à.	84 915.00
	3 156 292.40

ou à 75 490 fr. par kilomètre.

La hauteur des déblais et des remblais ne dépasse pas $3^{m}.80$; les plus grandes pentes sont de $1^{mm}.67$; dans la station de Lehrte il y a deux courbes de 700 mètres de rayon, hors de là le rayon minimum est de 1 400 mètres; la largeur des terrassements est de $8^{m}.15$ pour deux voies dont une seule est posée; les rails pèsent $32^{kg}.2$ et ont $5^{m}.50$ de long et sont fixés sur des traversines en chêne de $2^{m}.62$ de long par des chevilles à crochet pesant $0^{kg}.308$ et ayant $0^{m}.17$ de long : à la jonction des rails il y a des plaques de fer forgé de $0^{m}.194$ de côté et de $0^{m}.0121$ d'épaisseur. Pour chaque rail il y a de six à sept traversines. L'épaisseur du ballast sous les traversines est de $0^{m}.30$ à $0^{m}.35$.

Il y a 8 locomotives en usage sur cette ligne, dont 4 avec cylindres extérieurs et châssis intérieur pesant $14^{t}.5$ sans eau; les autres pèsent $17^{t}.25$, les premières coûtent 43 105 fr. et les secondes $45\,495^{fr.}.20$. Il y a une voiture de 1re classe, 5 mixtes de 1re et de 2e classe, 10 de 2e classe, 18 de 3e classe dont une seule non couverte, 4 voitures fermées pour marchandises, 2 *idem* d'après le système américain à huit roues, 1 pour les équipages, et 39 voitures découvertes pour marchandises.

Dans la station de Hanovre il y a une plaque tournante de $9^{m}.90$ de diamètre, ailleurs elles n'ont que $3^{m}.80$ et $4^{m}.37$.

Du 22 octobre 1843 au 19 mai 1844 on a perçu :

		fr.
Pour	879 voyageurs de 1re classe.	2 097.90
	13 843 voyageurs de 2e classe.	18 607.30
	37 540 voyageurs de 3e classe.	25 400.50

et l'on a parcouru en tout $25\,983^{km}.62$ avec 864 convois.

$1\,185^{t}.2$ de marchandises, $185^{t}.7$ de bagages, 17 équipages et 393 chiens ont donné une recette de $6\,308^{fr.}.40$.

Les frais d'exploitation du 22 octobre au 31 décembre 1843 sont de $27\,287^{fr.}.50$.

Du 20 mai au 31 décembre 1844 :

		fr.
1 901	voyageurs de 1re classe ont donné.	9 864.20
32 478	*id.* de 2e *id.*	98 660.50
97 010	*id.* de 3e *id.*	111 921.30
4 362	entre Brunswick et Vechelde.	2 016.50
135 751		222 462.50

48 005 voyageurs ont parcouru la ligne entière.

On a en outre perçu pour :

	fr.
810tonnes.90 de bagages.	7988.30
984.40 de marchandises accélérées.	17 797.00
7 802.00 de marchandises ordinaires.	32 197.40
288 équipages.	6552.70
684 chiens.	321.90
Chevaux, bestiaux.	440.30
	65 297.60

On a parcouru 84 314km.86 avec 1 646 convois de voyageurs.

2° *Chemin de Hildesheim à Harbourg par Lehrte, Zelle, Uelzen et Lunebourg.*

Le plan de cette ligne fut livré au public le 10 juin 1843, les terrassements ont été commencés en avril 1844, et à la fin de 1846 tous les travaux seront achevés.

Le 15 octobre 1845 on ouvrit le chemin de Lehrte à Zelle.

De Hildesheim à Lehrte, il y a.	24km.79
De Lehrte à Zelle.	28 .04
De Zelle à Lunebourg.	88 .80
De Lunebourg à Harbourg.	39 .22
En tout.	180 .85

La partie de Hildesheim à Zelle est estimée 6 297 884fr.60, celle de Zelle à Harbourg 14 853 524fr.10 ; la moyenne par kilomètre est de 118 000 fr.

Les pentes maximum sont de 3mm,33 ; il y a une seule

courbe à Lehrte de 700 mètres de rayon, deux de 945 mètres; toutes les autres ont 1 400 mètres au moins.

La tranchée dans le faîte qui sépare les bassins du Weser et de l'Elbe donne un déblai de 475 000 mètres cubes.

Il est question de prolonger cette ligne vers le midi de Hildesheim sur Gottingen et Cassel.

3° *Chemin de Hanovre à Minden.*

On n'a pas encore mis la main à l'œuvre pour cette ligne si importante, mais on ne peut tarder à le faire, d'après la convention avec la Prusse du 10 avril 1841. La longueur de la ligne est de $62^{km}.90$, et les dépenses sont évaluées à 15 507 440 fr., intérêts et matériel d'exploitation compris; cela fait 124 500 francs par kilomètre. Les rayons ont 2 330 mètres, et les pentes sont au maximum de $3^{mm}.33$. (*Voir* ci-dessus pages 352 et 416.)

4° *Jonction de Hanovre avec Brême.*

Le tracé de cette ligne n'est pas encore arrêté entre Hanovre et Verden; il y a deux directions en présence, l'une par Neustadt et Nienburg, ou par la vallée du Weser, et l'autre par Kampen ou par la vallée de la Leine et de l'Aller. Le premier de ces deux tracés a $122^{km}.10$ de long, le second en a $112^{km}.85$ et est évalué à $10\,968\,738^{fr}.80$.

Le premier s'embrancherait à Wunstorf sur le chemin de Minden, et paraît avoir le plus de chances d'exécution.

On a déjà mis la main à l'œuvre entre Brême et Verden.

5° *Chemin de fer du Bas-Ems sur la Westphalie et Osnabruck.*

On a fait en décembre 1844 des tentatives pour organiser une compagnie qui exécuterait à ses risques et périls sans garantie d'intérêt, une ligne qui partant d'Emden, suivrait la vallée de l'Ems en passant par Leer et Lingen et se bifurquerait à ce dernier point pour aller aux frontières prussiennes, sur Munster d'un côté (*voir* ci-dessus page 369), et par Osnabruck aux frontières prussiennes vers Bunde de l'autre côté.

Il y a des chances pour qu'une compagnie s'organise sur ces bases.

VIII. — Chemins de fer de la Hesse-Électorale.

De tous les états de l'Allemagne, c'est la Hesse-Électorale qui est restée le plus en arrière pour la construction des chemins de fer ; c'est même à peu près le seul état dans lequel aucune ligne n'a encore été exécutée. Cependant il fut question, dès 1832, de faire un chemin de fer de Brême vers la Bavière par Cassel, mais on a discuté beaucoup sans rien avancer.

Le 17 juillet 1841, une convention entre les deux Hesse et la ville de Francfort arrêta la construction d'une ligne de Cassel à Francfort par Marbourg et Giesen. Le 20 décembre suivant, une autre convention entre la Hesse-Électorale, la Prusse et les duchés de Saxe, décida la construction de la ligne de la Thuringe sur Cassel, par Eisenach et Rotenbourg; mais rien ne fut fait par Hesse-Cassel pour réaliser ces conventions ; on perdit du temps à discuter s'il valait mieux, pour relier Cassel à Francfort, passer par Fulde ou par Marbourg. La chambre des députés fut saisie de la question générale des chemins de fer, dans la session de 1844, et elle fut d'avis que la longueur totale des lignes à construire dans la Hesse-Électorale devait être de 222 kilomètres, et que, vu la difficulté du terrain, le kilomètre devait être estimé à 250 000 francs. Il fut décidé aussi que la ligne sur Francfort passerait par Marbourg, et que les $103^{km}.6$ de la portion comprise sur le territoire de Hesse-Cassel seraient évalués à 28 150 000 francs ; que la construction se ferait aux frais de l'état, au moyen d'un emprunt de 22 200 000 francs, à $3^{fr}.50$ pour 100; mais que les travaux ne seraient commencés que lorsqu'une compagnie serait constituée pour le prolongement de la ligne

de la Thuringe, d'Eisenach par Cassel sur Lippstadt, au chemin de fer qui relie le Rhin et le Weser. Cette restriction n'était pas une solution de la question, et lorsqu'en avril 1844, la Prusse et les duchés de Saxe-Cobourg et Weimar eurent arrêté l'exécution de la ligne de la Thuringe sur Gestungen, ils fixèrent au 26 juillet le délai qui serait donné à Hesse-Cassel pour arrêter enfin définitivement le prolongement de cette ligne par Cassel sur Francfort; passé ce délai, on devait laisser la Hesse-Électorale de côté et s'entendre avec la Bavière pour prolonger la ligne de la Thuringe sur Francfort à travers la Franconie. Cette résolution énergique fit enfin sortir Hesse-Cassel de son apathie, et un emprunt de 22 à 30 millions fut arrêté avec la maison Rothschild pour construire, aux frais de l'état, le chemin de fer de Cassel à Francfort, et constituer une compagnie qui se chargerait du prolongement de la ligne de la Thuringe vers les frontières prussiennes de la Westphalie.

La ligne de Gestungen à la frontière prussienne par Cassel reçut le nom de chemin de fer du Nord de Frédéric-Guillaume, et le capital social de 29600000 francs fut couvert par une souscription du double de cette somme. L'acte de concession est daté du 2 octobre 1844; les statuts obligent la compagnie à donner aux terrassements une largeur pour deux voies, à faire un embranchement exploitable par chevaux sur Karlshafen, à terminer les travaux dans un délai de 5 ans, à accepter les tarifs tels qu'ils seront arrêtés par l'état; à constituer un fonds de réserve, qui sera de 6 pour 100 du capital social au maximum, annuellement formé par 1/4 pour 100 du fonds social, lorsque la recette dépassera 4fr.50 pour 100, et de 17500 fr. seulement dans le cas contraire; à former un fonds d'amortissement avec le tiers de la recette qui dépasserait 6 pour 100; au rachat par l'état, après 30 ans d'exploitation, moyennant un remboursement de 25 fois le dividende moyen des

cinq dernières années ; à renoncer à toute indemnité pour dommage de guerre.

Cette compagnie ne jouit pas d'un grand crédit, car les actions de 100 thalers ne sont cotées aux bourses que 92 : aussi les actionnaires ont-ils réclamé une garantie d'intérêt de 3$^{fr.}$.50 pour 100, qui doit être soumise aux chambres dans la session de 1845.

On pense que les travaux pourront être commencés en 1845. La longueur de la partie de Gestungen à Cassel est de 74 kilomètres; celle de Cassel aux frontières prussiennes, près de Liebenau, est de 40^{km}.7.

Le 28 juin 1844, la Hesse-Électorale et la ville de Francfort concédèrent à une compagnie, pour 99 ans, la ligne de Francfort à Hanau sur la rive droite du Mein, sur une longueur de 13^{km}.33 : les travaux doivent être faits pour deux voies; les bâtiments principaux des ateliers seront à Hanau. Le capital social, de 1 696 000 francs, est partagé en 32 000 actions. Les travaux doivent être commencés au printemps de 1845 et achevés dans l'été de 1846.

IX. — Chemins de fer bavarois.

1° Chemin de fer d'Augsbourg vers les frontières nord de la Saxe et vers le sud sur Lindau ; page 427.
2° Chemin de fer de Munich à Augsbourg ; page 431.
3° Chemin de Nuremberg à Furth ; page 431.
4° Chemin de fer du Palatinat, ou de Ludwigshafen à Bexbach ; page 434.

1° *Chemin de fer d'Augsbourg vers les frontières nord sur la Saxe et vers le sud sur Lindau.*

La partie de cette ligne au nord d'Augsbourg avait été déjà entreprise par deux compagnies ; celle qui s'était chargée du tronçon compris entre Augsbourg et Nuremberg s'est dissoute en 1841 après avoir fait un payement de 1 pour 100 ; l'autre qui devait prolonger ce tronçon de Nuremberg vers la frontière de Saxe, fut obligée de renoncer à son entreprise à la fin de 1840, et une convention passée le 14 janvier 1841 entre la Saxe et la Bavière, assura alors la construction entre Nuremberg et Leipzig d'une ligne de fer dont la partie bavaroise devra être faite aux frais de l'état (*voir* ci-dessus page 393). La ligne d'Augsbourg à Lindau avait également, en 1836, été concédée à une compagnie qui subit le sort des deux autres.

Dès 1841 on fit des études sur le terrain qui présente de grandes difficultés surtout dans les montagnes dites Fichtelgebirge entre Bamberg et Plauen ; là le faîte qui sépare le Mein et la Saale a 371 mètres au-dessus de la station de Bamberg ; la station de Hof serait à 265 mètres au-dessus du même point, et la fin de la ligne aux frontières saxonnes à 313 mètres. On continua en 1842 les études depuis Augsbourg, en comparant entre Donauworth et Nu-

remberg deux tracés, l'un par Weissembourg et l'autre par Nordlingen, et en mettant en parallèle les systèmes de l'exploitation par locomotives ou par chevaux dans la traversée du Fichtelgebirge.

	fr.
Le tracé par Weissembourg entre Donauworth et Schwabach pour 60 kilomètres 20 de longueur fut évalué à. . .	23 819 709.44
Celui par Nordlingen, de 90km.10, à.	17 507 278.00
L'allongement est de 29km 90, mais l'économie est de. .	6 312 431.44

Le montant total de toute la ligne depuis Augsbourg, par Nordlingen, construite pour locomotives, est évalué, en réduisant les travaux au plus strict nécessaire, à 91 708 100fr.56, et construite pour être exploitée par des chevaux au nord de Culmbach, à 68 985 404fr.20.

La partie du tracé dans le Fichtelgebirge est évaluée de 498 800 fr. à 540 946 fr. par kilomètre dans le premier cas et au tiers de cette somme seulement dans le second cas. Le 9 février 1843 il fut décidé que l'on suivrait la direction de Nordlingen, et que la dépense totale de toute la ligne ne pourrait dépasser 70 millions en la construisant pour être exploitée au delà de Culmbach par locomotives d'après le système américain, qui consiste à adopter des pentes de 10 millimètres, des rayons de courbure de 175 mètres (qu'on a portés ici cependant à 291 mètres), et des convois de huit voitures marchant avec une vitesse de 22 à 27 kilomètres par heure, système qui n'est pas estimé devoir coûter plus cher que celui à exploitation par chevaux. Cette question, jusqu'à la fin de 1842, ne fut pas soumise aux chambres, mais le gouvernement ayant conçu à cette époque le projet de prolonger cette grande ligne dans le midi, sur le lac de Constance à Lindau, il jugea alors utile de les en saisir, et le 25 août 1843, il intervint une loi qui ouvrit un crédit de 70 millions pour le chemin du nord d'Augsbourg et de 39 200 000 fr. pour celui au sud

jusqu'à Lindau : il y fut pourvu en partie par un emprunt, qui doit être amorti par la recette nette. Les travaux furent dès lors poussés avec une grande activité; le 1er octobre 1844, la ligne de Nuremberg à Bamberg fut livrée au public, et le 22 novembre 1844, celle d'Augsbourg à Donauworth; le 15 octobre 1845 on a livré celle de Bamberg à Lichtenfels : en 1846 on doit achever la portion de Donauworth à Nuremberg, et en 1847, celle de Lichtenfels à la frontière saxonne.

Dans l'hiver de 1845 à 1846 on doit commencer les formalités de l'expropriation pour la partie d'Augsbourg à Kauffbeuren vers Lindau.

La ligne au nord d'Augsbourg a été estimée ainsi :

				fr.
D'Augsbourg à Donauworth, sur.	40km.70	à		7 296 868.28
De là à Mausleinsmuhle, sur.	90 .09	à		17 507 278.00
De là à Nuremberg, sur	40 .40	à		12 240 916.04
De là à Bamberg, sur	59 .64	à		9 502 713.44
De là à Lichtenfels, sur.	31 .64	à		5 663 187.80
De là à Culmbach, sur.	11 .95	à		3 670 905.08
De là aux frontières saxonnes, sur.	88 .06	à		13 103 535.56
	362 .48			68 985 404.20

ou en chiffre rond à 70 millions, ce qui fait 193 000 fr. par kilomètre.

Entre Augsbourg et Lindau il y a 178km.34 qui reviendront à 219 340 fr. chacun : dans cette partie les pentes ne dépassent pas 5 millimètres, et les rayons sont au-dessus de 580 mètres.

La majeure partie de terrassements n'est faite que pour une voie. Le plus fort remblai a 12m.2 de hauteur à la traversée de la Wertach près d'Augsbourg. La partie la plus intéressante est celle déjà terminée de Nuremberg à Bamberg, qui longe le canal Louis et notamment à Burgberg où la grande route touche d'un côté le canal et de l'autre le chemin de fer et où se trouve aussi un tunnel.

Les rails sont tenus par des coins en bois dans des

coussinets qui reposent en partie sur des traversines de $2^{m}.6$ de longueur et $0^{m}.29$ d'équarrissage au moyen de chevilles en fer, et en partie sur des dés en pierre de $0^{m}.61$ de largeur et $0^{m}.30$ d'épaisseur au moyen de chevilles en bois.

24 locomotives sont déjà en activité ou prêtes à être livrées ; une partie provient des ateliers de Mulhouse en Alsace.

Entre Nuremberg et Bamberg, du 1er octobre 1844 au 1er mars 1845 on a transporté 129 448 voyageurs, et entre Augsbourg et Donauworth, du 22 novembre 1844 au 1er mars 1845, 18 783 seulement.

De Nuremberg à Bamberg on paye $3^{fr.}.40$, $2^{fr.}.33$ et $1^{fr.}.48$ par voyageur et $2^{fr.}.33$ par 100 kilogrammes d'excédant de bagage ; et d'Augsbourg à Donauworth on paye $2^{fr.}.12$, $1^{fr.}.48$ et $0^{fr.}.95$ par voyageur et $1^{fr.}.48$ par 100 kilogrammes d'excédant de bagage. Tout bagage que le voyageur ne peut garder sur lui paye.

Il est question de relier Bayreuth à cette grande ligne par un embranchement de 16 kilomètres qui aboutirait à Culmbach.

La Bavière a fait encore étudier en 1844 pour être exécutée aux frais de l'état une ligne qui relierait Bamberg à Francfort, en passant par Eltmann, Schweinfurt, Wurzbourg, Gemunden, Lohr et Aschaffenbourg, mais ces études ne sont pas encore achevées.

La Bavière doit également exécuter à ses frais la ligne de Munich à Salzbourg, dès que l'Autriche aura mis la main à l'œuvre pour faire le chemin projeté entre Stockerau et Salzbourg par Linz et Gmunden : sa longueur totale sera de 126 kilomètres environ.

2° *Chemin de fer de Munich à Augsbourg*, Pl. 93, *fig.* 4 et 5.

N'est rappelé ici que pour mémoire, ayant été décrit dans le volume précédent, page 333.

3° *Chemin de fer de Nuremberg à Furth.*

Ce chemin, le premier à locomotives qui ait été construit en Allemagne, fut concédé le 19 février 1834 avec une jouissance exclusive, garantie pour trente ans à une compagnie qui se chargea à ses risques et périls de tous les frais : les travaux projetés et exécutés par M. Denis, ingénieur bavarois, ont été commencés en mai 1835 et achevés le 7 décembre même année.

On a tout d'abord acheté à l'amiable 15$^{hect.}$.60 de terrain pour une somme de 53 500 fr. ; mais ce n'est que plus tard que l'on a acquis les jardins de Nuremberg qui ont coûté 33 600 fr.

Les ouvrages d'art, bâtiments, dés pour coussinets, etc., ont été adjugés pour une somme de 82 361$^{fr.}$.64.

Le fer et la fonte furent tirés de l'Allemagne ; on a estimé qu'il fallait 197 000 kilogrammes de fer pour rails, 73 900 kilogrammes de fonte pour coussinets et 16 500 kilogrammes de fer pour clous et chevilles.

Robert Stephenson livra à Rotterdam 2 locomotives pour 42 500 francs, le transport de Rotterdam à Furth coûta en outre 10 000 fr.

Le capital primitif fut porté à 296 800 fr. au moyen de 1 400 actions ; il fut plus tard augmenté par 370 nouvelles actions, ou 78 440 fr., et un emprunt à 4 pour 100, de 75 260 fr.

Ce chemin va retirer un nouvel avantage de ce que la grande ligne bavaroise du midi au nord sera obligée de l'emprunter pour son parcours.

La longueur du chemin est de $6^{km}.5$ et coûte, y compris le matériel, $452\,636^{fr}.96$, ou 70 950 fr. par kilomètre.

La différence de niveau entre la station de Nuremberg et celle de Furth est de $6^{m}.15$: il y a des alternances de parties horizontales et de rampes variables qui s'élèvent quelquefois à 5 millimètres par mètre sur de petites longueurs.

Le chemin est entièrement en remblai et a $3^{m}.71$ de largeur en crête ; un chemin ordinaire de $3^{m}.50$ de largeur, destiné aux charrettes, le longe dans toute son étendue.

Les coussinets reposent sur des dés en pierre dans lesquels on avait préalablement introduit des chevilles en bois destinées à recevoir les vis, mais dans le premier hiver presque tous ces dés ont éclaté par suite du gonflement du bois.

Les rails ont $4^{m}.40$ de longueur et pèsent 67 à 84 kilogrammes ; les coussinets pèsent 5 à 6.10 kilogrammes la pièce.

Le matériel d'exploitation consiste en 2 locomotives dont l'une n'est que de la force de 12 à 15 chevaux ; elles ont en huit ans fait 21 352 tours, ou 133 000 kilomètres ; il y a en outre 12 voitures qui ont coûté en moyenne, 3 500 fr. chacune, et offrent 40 places de 1re classe, 120 de 2e classe et 200 de 3e classe ; 8 ou 11 chevaux font aussi partie du matériel.

Le mouvement sur ce chemin est donné par le tableau suivant :

	Du 8 déc. 1835 au 7 décemb. 1836.	1837	1838	1839	1840	1841	1842	1843	1844
RECETTES.									
Pour les voyageurs	fr. 126 559.76	fr. 125 243.24	fr. 115 512.44	fr. 109 731.20	fr. 116 589.40	fr. 112 203.12	fr. 111 522.60	fr. 107 674.80	fr. 117 229.64
Diverses	597.84	2 524.92	1 513.68	1 397.08	1 871.96	2 607 60	2 187.84	1 891.04	2 173.00
Total	127 157.60	127 768.16	117 026.12	111 128 28	118 461.36	114 810.72	113 710.44	109 565.84	119 402.64
DÉPENSES.									
Personnel	fr. 17 880.08	fr. 18 836.20	fr. 18 815.00	fr. 18 102.68	fr. 17 227.12	fr. 18 397.36	fr. 19 037.60	fr. 20 737.84	fr. 21 973.80
Achat et entretien des chevaux	7 195.28	6 767.04	6 930.28	5 709.16	4 799.68	6 001.72	6 111.96	6 167.08	6 315.48
Entretien des locomotives, combustible	9 826.20	11 051.56	9 101.16	7 180.44	7 489.96	7 617.16	7 040.52	5 660.40	8 575.40
Entretien des voitures	3 317.80	8 289.20	6 379 08	3 362.32	3 481.04	4 405.36	3 498.00	5 329.68	2 902 28
Entretien du chemin	2 503.72	1 189.32	2 028.84	413.40	678.40	2 018.24	6 504 16	4 362.96	3 249.96
Entretien du mobilier	»	421.88	156.88	201.40	322.24	173.84	555.44	235.32	290.44
Entretien des bâtiments	1 117.24	1 204.16	879 80	697.48	960.36	1 373.76	1 344.08	1 354.68	1 689.64
Eclairage, nettoyage	835.28	1 272.00	903.12	1 119.36	1 469.16	1 564.56	1 426.76	1 494.60	1 888.92
Frais de bureau	1 986.44	1 106.64	1 233.84	826.80	820.44	496.08	330.72	621.16	839.52
Assurances contre l'incendie	»	659.32	434.60	364.64	279.84	127.20	129.32	38.16	192.92
Intérêts	»	3 010.40	3 010.40	3 010.40	2 728.44	2 633.04	2 633.04	2 633.04	2 633.04
Cas non prévus	3 247 84	1 494.60	1 072.72	1 098.16	2 308.68	3 705.76	2 529.16	1 651.48	2 461.32
Total	47 909.88	55 302.32	50 945.72	42 086.24	42 565.36	48 514.08	51 140.76	50 286.40	53 012.72
Recettes nettes	79 247.72	72 465.84	66 080.40	69 042.04	75 896.00	66 296.64	62 569.68	59 279.44	66 389.92
Après avoir retenu 10 p. % pour la caisse de réserve, on a distribué aux actionn.	20 p. %	17.50 p. %	16 p. %	16.5 p. %	17 p. %	16 p. %	15 p. %	14.50 p. %	15 p. %
Nombre de voyages à la vapeur, à 3f.18 l'un.	2 516	2 902	2 314	2 294	2 542	2 594	2 786	3 404	3 636
Charbon brûlé, en kilogrammes	100 880k.00	136 528k.00	107 688k.00	105 000k.00	118 608k.00	123 312k.00	96 712k.00	5 488k.00	23 632k.00
Bois brûlé, en kilogrammes	53 760 .00	36 624 .00	27 832 .00	28 616 .00	27 832 .00	26 880 .00	52 920 .00	264 040 .00	242 816 .00
Nombre de voyages avec chevaux, à 1fr..63 l'un	6 451	6 215	6 834	6 830	6 651	6 701	6 456	5 818	5 665
Nombre de voyageurs avec locomotives	voyageurs. 245 809	voyageurs. 249 067	voyageurs. 192 985	voyageurs. 180 828	voyageurs. 215 782	voyageurs. 210 972	voyageurs. 211 679	voyageurs. 234 890	voyageurs. 270 651
Nombre de voyageurs avec chevaux	203 590	218 187	246 904	145 154	244 868	237 882	238 959	191 740	204 783
Total des voyageurs	449 399	467 304	439 889	428 669	460 763	448 854	450 638	436 630	475 434
De 1re classe	55 735	55 759	44 174	36 442	34 880	26 530	22 253	18 934	16 420
De 2e classe	135 407	135 417	121 611	104 958	108 622	107 757	106 319	104 691	115 841
De 3e classe	276 162	276 128	274 104	287 269	317 261	314 567	322 066	313 005	343 173

Le parcours se fait alternativement avec des chevaux et avec des locomotives ; la durée par les chevaux est de 20 à 25 minutes, et avec les locomotives de 15 à 20 minutes ; les prix sont 0fr.425, 0fr.318 et 0fr.212. La poste paye 194 fr. pour le transport des dépêches.

4° *Chemin de fer du Palatinat, ou de Ludwigshafen à Bexbach.*

Dès le 19 avril 1838, la ligne de Bexbach à Rheinschantz vis-à-vis de Manheim, fut concédée à une compagnie au moyen d'une jouissance de 99 ans ; sa longueur, de 133 kilomètres, fut estimée à 11 507 360 fr. ; mais on ne put réunir les fonds nécessaires : le gouvernement bavarois, pour en assurer la construction offrit, le 7 février 1843, une garantie d'intérêt de 4 pour 100 pendant 25 ans à partir de l'achèvement de la ligne, et la faculté du rachat après ce terme au moyen du remboursement du capital social ; les excédants de recette entre 4 et 6 pour 100, doivent faire une réserve pour couvrir le déficit des années qui donneraient moins de 4 pour 100 ; l'excédant au-dessus de 6 pour 100 donnera seul lieu à une augmentation de dividende. Cette convention fut sanctionnée par la loi du 10 juin 1843. Le premier versement de 10 pour 100 du capital social fut fait le 1er juin 1844. On espère que la partie de Neustadt à Spire et à Ludwigshafen ainsi que celle de Kaiserslautern à Hombourg pourront être livrées au printemps de 1846 et que toute la ligne sera achevée en 3 ans. La longueur des frontières prussiennes à Kaiserslautern par Hombourg est de 43 355 mètres. De là à Neustadt il y a de 32 952 à 33 702 mètres suivant la direction que l'on adoptera ; c'est la partie la plus difficile ; il y aura des tunnels et des courbes de 336 à 350 mètres. De Neustadt à Rheinschantz et Lud-

wigshafen, il y aura 29 423 mètres et un embranchement sur Schifferstadt à Spire de 10 200 mètres, avec une courbe de raccordement qui conduit de Rheinschantz à Spire de 2 274 mètres. Dans la première partie les pentes ne dépassent pas $2^{mm}.5$; dans la deuxième il y a des pentes de $6^{mm}.25$; dans la troisième il n'y a qu'une pente à $6^{mm}.25$ sur 798 mètres de longueur près de Neustadt. Le nombre des stations est fixé à neuf. La longueur des souterrains est de 3 583 mètres; elle est évaluée à 536 996 fr. La dernière évaluation totale a été portée à 16 960 000 fr., ou à 152 800 francs par kilomètre. La largeur de la voie est fixée à $1^{m}.50$, et celle des banquettes à $1^{m}.25$ et même à 1 mètre dans les déblais de rochers : la largeur des terrassements est ainsi de 4 mètres à $3^{m}.50$, et dans les gares d'évitement de $6^{m}.75$ à $7^{m}.25$. Les rails pèsent $22^{kg}.50$ par mètre, les coussinets pèsent $7^{kg}.50$ et $8^{kg}.50$.

En 1844 il s'est formé une compagnie pour faire relier par un embranchement de 11 kilomètres, Hombourg à Deux-Ponts; la dépense a été évaluée à 1 378 000 fr.

Le 5 avril 1845, le roi de Bavière concéda à une compagnie anonyme un autre embranchement de Spire à Lauterbourg aux frontières françaises avec la faculté de rachat après 25 ans moyennant le remboursement du capital de construction sans garantie d'intérêt, ni d'indemnité pour cas de guerre. La longueur de cette ligne est de 61 kilomètres, et les différences de niveau des points extrêmes de $21^{m}.50$; le capital social est de 5 300 000 fr., et l'on pense mettre bientôt la main à l'œuvre.

Un troisième embranchement de 12 kilomètres de Ludwigshafen par Frankenthal vers les frontières de la Hesse-Rhénane est encore sollicité par une société de 2 400 actions de 1 060 fr.

Il est probable que tôt ou tard cette ligne sera aussi reliée à Worms et à Mayence.

X. Chemins de fer wurtembergeois.

Déjà, en 1836, on s'occupa dans le royaume de Wurtemberg d'un réseau de chemins de fer destiné à mettre la capitale en communication avec le grand duché de Bade, le royaume de Bavière et le lac de Constance; un premier projet fut étudié par M. de Buhler. Le 7 mars 1842, le ministère présenta aux chambres un projet de loi pour la construction du réseau aux frais de l'état.

La commission de la chambre des députés pour s'éclairer fit étudier tout le réseau des chemins à faire par M. Négrelli, inspecteur des chemins de fer autrichiens; le résultat du travail de M. Négrelli fut de proposer un chemin :

1° Entre Stuttgard, Kanstadt, Heilbronn, vers un port sur le Neckar, dit ligne du Nord. et évaluée à la somme de.	15 764 320 fr.
2° Entre Stuttgard et les frontières badoises, vers Bruchsal, dit ligne de l'Ouest.	6 945 120
3° Entre Stuttgard et Ulm, dit ligne de l'Est.	19 497 640
4° Entre Ulm et Friedrichshafen, dit ligne du Sud. .	14 524 120
Total.	56 731 200

M. Négrelli adoptait des pentes de 11^{mm}.11 et des rayons de 1 435 mètres.

Le 18 avril 1843, fut promulguée la loi fondamentale sur les chemins de fer; elle décide :

« Qu'il serait fait aux frais de l'état un chemin de fer qui relierait le point central de Stuttgard et Kanstadt, d'un côté à Ulm à travers la vallée de la Fils, à Biberach, Ravensbourg et Friedrichshafen, et d'un autre côté vers les frontières d'ouest et sur le nord avec Heilbronn; que l'état ferait construire aussi un réseau de routes pour fa-

ciliter, soit l'accès du pays à ces lignes de fer, soit les communications intérieures; que l'achat des terrains pour les stations et les bâtiments se ferait au moyen de la vente des terrains de l'état, et que les autres dépenses seront couvertes au moyen d'un emprunt; qu'un emprunt de 6 780 000 fr., sera fait pour couvrir les dépenses faites du 1er juillet 1842 au 30 juin 1845; que l'administration pourra concéder à des compagnies les embranchements et leur assurer même une garantie d'intérêt de 3fr.50 pour 100; que lorsque l'état aura garanti cet intérêt il pourra, après 25 ans d'exploitation, acquérir le chemin par le simple remboursement du capital social de la compagnie, et même plus tôt en y ajoutant un excédant de 15 pour 100; que lorsque la compagnie n'aura pas eu de garantie d'intérêt, elle ne pourra pas être évincée avant 25 ans de jouissance, et que l'état pourra être tenu d'ajouter jusqu'à 10 pour 100 au capital de construction s'il l'évinçait avant 50 ans, terme après lequel il ne devra que le remboursement du capital de construction. »

Pour l'exécution des chemins de fer wurtembergeois, il fut organisé, le 15 juin 1843, une commission royale spéciale composée de trois administrateurs et de trois hommes de l'art destinée à donner son avis sur tout ce qui est relatif à ces ouvrages, soit pour le tracé, l'exécution et l'exploitation.

Il fut décidé, en attendant que l'on ait pu s'entendre avec le grand duché de Bade et le royaume de Bavière, pour le tracé des lignes vers les frontières, que l'on ne s'occuperait que d'un tronçon reliant Ludwigsbourg, Stuttgard, Kanstadt et Esslingen.

On consulta encore sur cette affaire si importante M. Charles de Vignoles, professeur des ingénieurs civils dans le collége universitaire de Londres, lequel présenta, le 30 décembre 1843, un projet pour relier Prochingen à la vallée de l'Enz par Esslingen, Kanstadt, Stuttgard et

Ludwigsbourg, s'élevant à 10 600 000 fr., sur une longueur de 48 kilomètres, et pouvant être terminé au printemps de 1845 : il émit aussi l'opinion que le réseau des chemins votés par les chambres ne coûterait pas plus de 63 600 000 fr. et pourrait être achevé en trois années. Enfin l'ingénieur en chef Etzel fut chargé de faire un rapport sur les différents projets présentés ; c'est ce qu'il fit le 15 février 1844 : on consulta encore l'ingénieur civil Klein, de Vienne. Enfin le 14 mars 1844, le ministre de l'intérieur approuva le projet de M. Etzel s'élevant à 7 912 645fr.60 entre Esslingen et Ludwigsbourg. Le service fut immédiatement organisé et divisé entre quatre ingénieurs, et à la fin de 1844 on avait déjà mis la main à l'œuvre partout.

Les rails de 3m.96 de longueur, ont la forme d'un T renversé. Les locomotives sont commandées dans le système américain avec des cylindres extérieurs.

Les waggons doivent être à huit roues.

Les dépenses sont évaluées ainsi qu'il suit :

	STUTTGARD-LUDWIGSBOURG.	STUTTGARD-KANSTADT.	STUTTGARD-ESSLINGEN.	TOTAUX.
	fr.	fr.	fr.	fr.
Indemnités de terrains	279 280.32	96 731.36	422 053.84	798 065.52
Terrassements.	489 720.00	25 440.00	122 960.00	638 120.00
Souterrains.	848 000.00	305 280.00	»	1 153 280.00
Ponts.	35 255.60	490 866.92	68 325.48	594 448.00
Routes.	23 934.80	85 436.00	26 288.00	135 658.80
Travaux en rivière. . .	»	»	12 932.00	12.932.00
Murs de soutenement, pavage.	7 208.00	301 040.00	»	308 248.00
Voie de fer.	1 198 648.00	341 171.60	807 571.60	2 347 391.20
Passages de niveau. .	92 220.00	65 720.00	7 844.00	165 784.00
Clôture, bornage, etc.	82 393.80	25 440.00	56 953.80	164 787.60
Stations.	74 200.00	74 200.00	74 200.00	222 600.00
Dépenses diverses. . .	106 000.00	53 000.00	53 000.00	212 000.00
Totaux. . . .	3 236 860.52	1 864 325.88	1 652 128.72	6 753 315.12
Station à Stuttgard.				1 159 330.48
Total général.				7 912 645.60

La dépense par kilomètre sera de 241 398 fr. pour les 30 kilomètres environ de longueur : la longueur totale de toutes les lignes wurtembergeoises sera de 300 à 330 kilomètres, et coûtera environ 66 millions, ou 204 400 fr. par kilomètre.

Le 3 octobre 1845, le roi a essayé lui-même la première partie du chemin achevé entre Kanstadt et Unterturkheim, sur 3^{km}.7 de longueur.

Plusieurs compagnies se sont présentées récemment pour exécuter le réseau wurtembergeois, mais jusqu'ici le gouvernement les a toutes repoussées et paraît décidé à faire lui-même tous les travaux.

XI. — Chemins de fer badois.

La loi du 29 mars 1838, en vertu de laquelle on construit un chemin de fer dans le grand duché de Bade, parallèlement au Rhin, contient les dispositions suivantes :

1° Le chemin passera par Manheim, Heidelberg, Carlsruhe, Rastadt, Offenbourg, Dinglingen, Freiburg, et s'arrêtera à la frontière de la Suisse. Kehl sera desservi par un embranchement ;

2° Il sera exécuté aux frais de l'état ;

3° Les travaux auront les dimensions nécessaires pour deux voies, mais une seule sera posée provisoirement ;

4° La construction du chemin commencera par Manheim.

En mai 1839 la rédaction des projets était achevée : le 11 septembre 1840 on livra la partie de Manheim à Heidelberg ; le 13 avril 1843, la partie de Heidelberg à Carlsruhe ; et le 1er juin 1844, celle de Carlsruhe à Kehl et à Offenbourg : la longueur totale de la ligne ouverte est de 156 444 mètres.

D'Offenbourg à Freiburg, sur 61 kilomètres, les travaux doivent être finis à la fin d'août 1845 ; au delà de Freiburg on a seulement rempli les formalités des expropriations.

Le 10 septembre 1842, on créa une caisse spéciale pour l'amortissement des dépenses relatives aux chemins de fer.

Elle fut autorisée à contracter une dette de 25 400 000 fr. avec intérêt de 3.5 à 4 pour 100, laquelle doit être amortie par une réserve de 0.5 pour 100 au moins du capital pour la première année, qui augmentera chaque année de 6 pour 100 de son montant, sans que cependant dans les dix pre-

mières années elle pût dépasser 1 pour 100. Cet emprunt a été adjugé à Rothschild et compagnie à 3.5 pour 100.

L'exploitation des chemins se fait par l'administration ducale des postes.

Les constructions et matériaux non susceptibles d'être incendiés doivent être à 15 mètres de la limite du chemin de fer et des stations ; s'ils sont susceptibles d'être incendiés ils ne peuvent être tolérés qu'à 45 mètres.

La longueur totale de la ligne de Manheim à Leopoldshohe à la frontière suisse est de 265 777^{m}.8, l'embranchement d'Appennweier à Kehl est de 13 777^{m}.8. Les bains importants de Bade seront reliés sur cette ligne à la station d'Oos, par un embranchement de 5 333 mètres, qui a été commencé en novembre 1844 et qui sera fini en 1845.

Le chiffre total des habitants du pays traversé s'élève à 549 399. Sur la ligne principale il y aura 38 stations, ce qui porte leur éloignement moyen à 7 kilomètres.

Pour la construction on a divisé la ligne en 12 sections d'ingénieurs, plus une 13e pour l'embranchement de Kehl.

Les frais de construction pour la ligne principale et l'embranchement de Kehl furent en 1843 estimés ainsi :

	fr.
Pour le chemin avec une voie.	31 771 407.14
Stations.	7 621 121.64
Frais d'administration et fonds de réserve. . . .	1 166 000.00
Matériel d'exploitation	9 152 177.80
Pour la deuxième voie en fer.	9 696 190.36
Total.	59 406 896.94

Les détails des frais de construction sont pour le chemin proprement dit :

	fr.
Frais d'opérations.	128 816.08
Indemnités de terrains.	6 724 502.62
Terrassements.	7 925 137.63
Travaux d'art, de rivière, etc.	5 753 478.60
A reporter. . .	20 531 934.93

	fr.
Report. . . .	20 531 934.93
Pour fondements de la voie et l'assiette des rails.	5 344 055.50
Pose et fourniture des rails.	5 853 554.68
Bâtiments et leur installation.	1 040 023.88
Clôture du chemin.	306 108.71
Dépenses diverses.	845 065.07
Total.	33 920 762.77
A retrancher pour terrain et matériaux disponibles..	2 149 356.06
Reste.	31 771 406.71

Le prix moyen par kilomètre est de 113 975fr.81.

La section qui coûte le moins est celle de Heidelberg à Bruchsal ; chaque kilomètre est de 73 045fr.39.

La dernière section de Mullheim à la Suisse doit coûter le plus et est évaluée 164 820fr.67.

Voici les frais de construction des stations :

	fr.
Manheim.	651 315.09
Heidelberg.	561 953.91
Langenbrucken.	48 607.15
Bruchsal.	162 550.37
Dourlach.	105 753.02
Carlsruhe.	1 546 589.40
Ettlingen.	89 935.70
Rastadt.	143 292.07
Oos.	446 594.96
Beihl.	66 510.12
Achern.	103 023.73
Appennweier.	175 584.34
Kehl.	715 124.76
Offenbourg.	502 142.99
Dinglingen.	225 422.14
Kenzingen.	105 818.74
Emmendingen.	139 142.38
Freiburg.	755 398.40
Krotzingen.	119 546.80
Mullheim.	151 908.60
Schliengen.	153 006.76
Station finale.	651 900.00
Total.	7 621 121.43

L'are de terre a coûté en moyenne entre Manheim et Heidelberg 56fr.5 et entre Oos et Appennweier 117fr.6 ;

ce sont les sections où les prix ont été le plus haut et le plus bas : en moyenne on a payé 82fr.4 l'are. Entre Manheim, Kehl et Offenbourg on a remué 2 620 738 mètres cubes de terre : on a payé 0fr.118 le piochage du terrain sablonneux, 0fr.157 celui du terrain graveleux et argileux, et 0fr.197 celui du terrain marécageux et boisé; le transport à une distance de 3 à 15 mètres est payé 0fr.275; de 90 à 120 mètres, 0fr.472, et pour chaque 30 mètres en sus on paye 0fr.00655 en sus jusqu'à 300 mètres; à 600 mètres on paye 0fr.654 et on augmente de 0fr.01965 par 75 mètres, de sorte qu'à 900 mètres on paye 0fr.785.

On a essayé ici l'emploi des rails provisoires pour le transport des terres, et on a trouvé que pour 4m.5 de chemin on fait une dépense de 100 fr., et que la valeur du fer et du bois restant est de 84 fr., ce qui fait 16 fr. par 4m.5, ou 3fr.56 par mètre : de plus, pour une longueur de 600 mètres de chemin il faut 40 waggons à 530 fr. chacun, pour 1 800 mètres il faut 60 waggons, et pour 3 000 mètres il en faut 100; d'après ces éléments on a formé le tableau suivant :

DISTANCE du transport.	PRIX du chemin de service et du matériel roulant.	COÛT DU TRANSPORT par mètre cube : sur le chemin de service.	COÛT DU TRANSPORT par mètre cube : par les voitures ordinaires.	DIFFÉRENCE.	CUBE à transporter pour couvrir les frais d'établissement.
	fr.				m.c.
600 à 660	23 300	0.723	0.841	0.118	197 457.63
660 à 720	24 180	0.685	0.854	0.169	143 076.92
720 à 780	25 100	0.649	0.873	0.224	112 053.57
780 à 840	26 100	0.613	0.888	0.275	94 909.09
840 à 900	27 200	0.573	0.903	0.330	82 424.24
900 à 1 200	30 750	0.652	1.037	0.385	79 870.13
1 200 à 1 500	34 400	0.727	1.210	0.483	71 221.53
1 500 à 1 800	38 150	0.784	1.389	0.605	63 057.85
1 800 à 2 100	44 500	0.845	1.572	0.727	61 210.45
2 100 à 2 400	50 800	0.903	1.748	0.845	60 118.34
2 400 à 2 700	57 200	0.927	1.885	0.958	59 707.72
2 700 à 3 000	63 600	0.982	2.199	1.217	52 259.65

Pour la pose des rails on a payé les chevilles 74 fr. les

100 kilogrammes ; les plaques de fonte de 37fr.3 à 24fr.5, les rails de 45fr.7 à 28fr.8 : ce dernier prix est celui des rails livrés par une société anglaise de Londres, et il comprend 6fr.35 de transport depuis Rotterdam et 7fr.85 de droits de douanes. Le mètre courant de la voie de fer toute posée avec les fondations a coûté 37fr.40.

Les maisons de gardes de 1re classe, en bois, sont de 318 fr., celles en maçonnerie de 846 fr., celles de 2e classe coûtent 1 695 fr., et celles de 3e 6 350 fr. La clôture avec un treillage en bois sec a coûté 0fr.71 le mètre courant de chemin.

Une plaque tournante de	9m.6	de diamètre a coûté	8 470 fr.
Idem	4m.2	*idem*.	3 330
Idem	3m.3	*idem*.	2 120

Pour ces deux dernières les fondations coûtent 148 fr. et 116fr.5. Une excentrique simple coûte 260fr.5, et une double 414 fr.; à cela il faut ajouter pour chacune 333 fr. pour le poteau et la lanterne.

Une grue hydraulique est payée de 850 à 1 050 fr.

Il y a 16 locomotives en mouvement entre Manheim et Carlsruhe sur 71 278 mètres; on compte pour la ligne totale sur 78 locomotives, 99 voitures de voyageurs de 1re et 2e classe, 163 de 3e classe, 81 à voyageurs debout, 66 pour bagages, 275 pour les marchandises et 112 pour les équipages et bestiaux.

Dans la partie exécutée la plus grande pente est de 4 millimètres, encore ne dépasse-t-elle pas une longueur de 4 444 mètres ; entre Offenbourg et Freiburg, sur 3 660 mètres il y aura une pente de 5 millimètres à 5mm.3. La différence de niveau entre les deux points extrêmes est de 157m.2. Les rayons des courbes descendent à 231 mètres, et même 180 dans les stations, mais hors de là ils dépassent en général 800 mètres. La largeur des terrassements est de 7m.5 : la plus grande hauteur des remblais est de

$6^m.1$, et le plus fort déblai est de 12 mètres. On a laissé une hauteur de $4^m.5$ à $4^m.8$ entre le dessus des rails et les voûtes qui franchissent le chemin de fer pour les routes de terre.

La largeur de la voie est de $1^m.60$, on a donné ici une largeur plus grande pour avoir des locomotives plus fortes et sujettes à moins de réparations.

La largeur de $7^m.5$ est ainsi répartie :

Pour les 2 voies de $1^m.60$.	$3^m.20$
Largeur des 4 rails.	0 .21
Distance entre les 2 voies.	1 .60
Largeur des 2 banquettes.	2 .49
	7 .50

Dans la 1re section de Manheim à Heidelberg la voie de fer repose sur des longrines en pin et sapin de $0^m.30$ sur $0^m.18$ et de 9 mètres de long, qui sont fixées alternativement sur des dés en pierre de $0^m.60$ de largeur et de $0^m.30$ de hauteur et sur des traversines en chêne de $2^m.40$ de long et de $0^m.15$ d'équarrissage ; d'un dé à une traversine, il y a $1^m.125$. Les rails sont dans le système de M. Brunel, dit bridge-rails ; ils ont $4^m.50$ de long et pèsent en moyenne $100^{kg}.95$, c'est-à-dire $22^{kg}.4$ par mètre. A la rencontre des rails il y a une plaque de fonte de $0^m.30$ de long qui pèse $1^{kg}.5$, et qui relie les deux rails à la longrine par quatre chevilles. Par rails de $4^m.5$ il y a seize chevilles du poids de $0^{kg}.2$ chaque.

Les longrines et traversines ont été imprégnées de chlorure de mercure pour leur donner plus de durée, il en a coûté $25^{fr}.5$ pour imprégner un mètre cube, et on a calculé que le bois de pin naturel qui coûte 49 fr. le mètre cube et dure cinq ans, et celui de chêne qui coûte $66^{fr}.10$ le mètre cube et dure sept ans, devraient durer seulement $8^{ans}.08$ et $9^{ans}.33$ pour qu'il y ait avantage à les imprégner; or en les imprégnant leur durée est augmentée de bien plus

de trois ans et de $2^{ans}.33$. La dissolution est formée par une partie en poids de chlorure de mercure et 1.50 parties d'eau. L'appareil consiste : 1° en une auge d'une capacité de 31 mètres cubes de $9^{m}.3$ de long, $1^{m}.32$ de haut et $2^{m}.52$ de large, construite très-solidement et rendue très-étanche par de la toile et du goudron minéral ; 2° en un réservoir pour la dissolution d'une capacité de $8^{m.c.}.4$; 3° en une tonne pour opérer le mélange de la capacité de 150 à 180 litres ; 4° en une pompe aspirante dans la construction de laquelle il n'entre pas de fer non plus que dans les autres pièces ; 5° enfin en un instrument pour mesurer le degré de la préparation, au moyen d'une dissolution d'iode. Les bois sont couchés dans l'auge de manière à ne pas se toucher contre eux ni être en contact avec l'auge, la dissolution doit les recouvrir de $0^{m}.015$ au moins ; on y a mis huit rangs de traversines en hauteur. Pour la première imbibition on emploie en moyenne 56 kilogrammes de chlorure de mercure et 20 seulement pour les suivantes, à cause de l'excédant de dissolution restant. Les bois en place, on introduit la dissolution et on remplit l'auge à $0^{m}.06$ en contre-bas du bord, et on la recouvre de planches; la durée de l'immersion est donnée par la formule :

$$t = 1.55\,(a + b) + 1$$

t est le nombre de jours d'immersion, a et b sont les dimensions des deux côtés du bois mesurés en mètre; cependant pour des pièces un peu fortes cette formule donne des quantités trop faibles, ainsi une pièce de $0^{m}.25$ sur $0^{m}.30$, devrait rester dix-huit jours imbibée : on est obligé de brasser tous les jours la dissolution, de la maintenir au même degré de concentration, et de faire que l'auge soit toujours pleine. Le temps nécessaire passé, on pompe l'eau, on lave et on nettoie les bois avec un balai et on les fait sécher sous un hangar couvert ; en quatorze ou vingt et un jours, ils sont secs même par le mauvais temps.

Au delà de Heidelberg on modifia un peu le système de construction ; le rail de $4^{m}.50$ n'eut plus que trois points de support au lieu de quatre, on substitua les traversines aux dés en pierre qui ne furent conservés que dans les déblais ou dans le terrain naturel là où il y avait économie, les longrines ne furent plus imprégnées de chlorure de mercure, les traversines eurent $0^{m}.135$ de haut et de $0^{m}.24$ à $0^{m}.36$ de large, on posa les traversines et longrines sur un fondement de briques cassées à la place du gravier ou sable.

Les plaques de fonte à la jonction des rails se cassant souvent, on leur a superposé du feutre imbibé de goudron. Le poids des rails fut trouvé trop faible et porté à $26^{kg}.2$ par mètre.

En janvier 1844, il y avait 16 locomotives en usage sur la ligne, dont 8 anglaises et 8 des ateliers de Kessler et Martiensen à Carlsruhe; ces dernières ont coûté environ 52 000 fr. chacune avec le tender, les anglaises ont coûté 55 000 à 63 500 fr. : il y avait en outre 131 voitures de voyageurs et 58 autres.

1 voiture de 1re classe a coûté de.	6 770 à 7 040 fr.
1 voiture mixte de 1re et 2e classe a coûté.	6 140 fr.
1 voiture de 2e classe a coûté de.	4 825 à 5 230 fr.
1 voiture de 3e classe a coûté de.	3 850 à 4 250 fr.

Du 12 septembre 1840 au 31 décembre 1841 le tronçon de Manheim à Heidelberg, de 19 kilomètres, ne présente que 461 jours d'exploitation à cause de quelques interruptions et 3 856 voyages ; le temps du parcours était de 33′ à 39′ le jour et de 39′ à 47′ la nuit. En 1842 on a fait 4 346 voyages; voici le tableau des frais d'exploitation pour ces deux exercices :

	Du 12 septemb. 1840 au 31 déc. 1841.	1842
	fr.	fr.
Frais d'administration centrale.	6 945.12	2 472.98
Frais d'administration pour l'exploitation.	40 034.93	20 021.08
Frais de transport et dépenses pour les ateliers. .	96 452.15	100 683.25
Frais pour l'entretien du chemin, des bâtiments et stations.	28 836 24	28 984.00
Total des dépenses.	172 268.44	152 161.31
Total des recettes.	237 774.53	212 916.05
Différence.	65 506.09	60 754.74
Valeur des approvisionnements, etc.	9 793.97	5 608.67
Total de la recette nette.	75 300.06	66 363.41
Les différentes circonstances de l'exploitation sont :		
	kilom.	kilom.
Kilomètres parcourus par les locomotives.	73 140.12	82 009.02
	kilog.	kilog.
Coke brûlé par kilomètre.	13.1	10.5
	fr.	fr.
Dépense correspondante au coke.	0.572	0.49
	litres.	
Eau employée par les locomotives, par kilomètre.	79.4	»
	grammes.	
Huile employée pour le graissage, par kilomètre.	25.15	»
	fr.	fr.
Dépense correspondante au graissage.	0.0654	0.0458
	voitures.	voitures.
Nombre moyen de voitures par convoi.	6.64	5.44
	fr.	fr.
Graissage et entretien d'un waggon, par kilomètre.	0.0076	0.01595
Entretien des locomotives.	»	0.0433
Dépense totale relative aux locomotives.	»	0.612

En 1842 chaque convoi a porté en moyenne 23 486 kilogrammes, et l'on a transporté en tout à un kilomètre 1 927 910 tonnes, dont 1 525 273 en waggons vides : la masse utilement transportée n'a été que les 0.21 de la masse brute; chaque waggon avait en moyenne 16$^{voyag.}$.64.

La recette totale pour 1843 a été de 687 544$^{fr.}$.62, et pour les dix premiers mois de 1844 de 1 531 195$^{fr.}$.23.

Voici quelques détails sur le mouvement des voyageurs.

	Du 12 septembre 1840 au 31 décembre 1841.		1842	
Nombre de voyageurs de 1re classe.	9 270	ou 2.78	5 048	ou 1.64
Idem de 2e classe.	43 502	13.03	29 642	9.64
Idem de 3e classe.	280 968	84.19	273 002	88.72
Nombre total. . . .	333 740	100.00	307.692	100.00
Voyageurs qui ont réellement parcouru toute la ligne.	297 846		258 634	
Nombre de voyageurs réduits au parcours total.	315 793		282 796	
Nombre de voyageurs transportés à un kilomètre.	5 959 012.80		5 336 360.52	

En 1843 il y a eu 791 568 voyageurs, et pendant les dix premiers mois de 1844, 1 256 719.

Le transport des marchandises n'a été organisé qu'au 20 août 1844, et déjà dans le mois d'octobre on a transporté 4 822t.5.

Journellement il y a cinq convois dans chaque section qui voyagent avec une vitesse de 38 kilomètres à l'heure. De Manheim à Kehl, pour 150 kilomètres on met 5h.35, et on paye 14fr.30 aux 1res, 9fr.50 aux 2es, 7fr.20 aux 3es; 4fr.75 aux places debout et 1fr.48 par 10 kilogrammes d'excédant de bagage toléré à 25 kilogrammes; pour 100 kilogrammes de marchandises on paye suivant les classes, 2fr.75, 1fr.83 et 1fr.48.

Dès le 10 janvier 1838 il avait été formé une convention entre la ville libre de Francfort, le duché de Hesse et l'état de Bade pour la construction d'une ligne directe de Francfort à Darmstadt et à Manheim au moyen d'une compagnie; mais comme on ne put l'organiser il fut arrêté, le 25 février 1843, que cette ligne serait construite et

exploitée en commun aux frais des états contractants, que chacun ferait la dépense relative à son territoire, que 2/3 du matériel d'exploitation serait fourni par la Hesse, et que Francfort et Bade fourniraient chacun 1/6. La largeur de la voie qui est de $1^{m}.60$ pour le chemin de Manheim à Kehl fut fixée à $1^{m}.44$ ici. Le point de départ fut arrêté à Friedrichsfeld entre Manheim et Heidelberg, et le point d'arrivée à Francfort, sur la rive droite du Mein. Une seconde voie de $1^{m}.44$ de largeur doit être placée sur la partie nord du chemin de Manheim à Heidelberg.

La plus grande pente adoptée est de 3 millimètres; les rayons de courbure les plus petits sont de 1 000 mètres pour le chemin et de 200 mètres pour les stations. La largeur de la voie est de $7^{m}.65$. Les rails, dans le système Vignoles, pèsent 35 kilogrammes par mètre; ils ont 5 mètres de longueur : les traversines ont $2^{m}.25$ de longueur et $0^{m}.15$ d'épaisseur, celles à la jonction des rails ont $0^{m}.30$ de largeur, les autres n'ont que $0^{m}.20$; leur distance est de $0^{m}.833$. Ces traversines reposent sur une chaussée faite par une épaisseur de $0^{m}.20$ de pierraille et de $0^{m}.05$ de sable ou gravier. Les plaques de fonte sur lesquelles sont appuyés les rails à leur rencontre pèsent $1^{kg}.9$, et les chevilles à crochet qui fixent les rails pèsent $0^{kg}.22$.

Dès le commencement de 1844 on a mis la main à l'œuvre, sauf le pont sur le Necker qui doit prendre quatre ans; toute la ligne sera achevée à la fin de 1845. Le pont du Necker, évalué à 828 000 fr., aura 300 mètres de long et $9^{m}.60$ de large, avec sept arches de $27^{m}.6$ d'ouverture, et six piles de 3 mètres, avec deux trottoirs pour les piétons de $1^{m}.20$; celui sur le Mein a neuf arches de 17 mètres. De Friedrichsfeld à la frontière de Hesse il y a $21^{km}.95$, et de là à Francfort $55^{km}.64$.

La dépense totale avec les deux grands ponts sur le Necker et le Mein et la voie de fer de Friedrichsfeld à Heidelberg est estimée à $14\,435\,858^{fr}.04$.

Le montant des travaux à faire sur le territoire badois est de 5 532 483fr.44.

On a aussi étudié deux directions pour relier l'état de Bade avec le Wurtemberg; l'une par Bruchsal et Bretten, à la station d'Eckenweiher du chemin wurtembergeois, l'autre par Durlach et Phorzheim au même point; mais il n'a encore été rien arrêté sur le choix de ces deux lignes.

XII. — Chemin de fer du Taunus, de Francfort à Wiesbaden.

Ce chemin, commencé en 1838, fut ouvert, le 13 avril 1840, sur toute sa longueur, Pl. 93, *fig* 6, 7 et 8. Il y a un petit embranchement sur Biébrich, livré au public le 3 août 1840, et une maison de banque construit un autre embranchement de Hochst aux bains de Soden, dont la concession lui a été accordée en 1843, et qui est estimé à 212 000 francs. Ces travaux, commencés dans l'automne de 1844, seront achevés en 1845. La voie doit emprunter une partie de la route de terre, et l'exploitation doit se faire au moyen de chevaux.

Le capital de la compagnie du Taunus, de 6 360 000 francs, fut réuni par 12 000 actions de 530 francs, et comme en cours d'exécution il fut insuffisant, on fit un emprunt de 636 000 francs à 4 pour 100. Plus tard, dans l'assemblée générale des actionnaires du 25 mars 1844, il fut décidé que l'on ferait un emprunt de 1 060 000 francs à 3fr.50 pour 100, pour rembourser l'emprunt de 4 pour 100 et solder complétement les travaux faits.

La concession est de 99 ans, et les états se sont réservé l'approbation des tarifs.

Sa longueur totale est de 43 400 mètres; de Castel à Wiesbaden il y a 12 950 mètres.

La dépense totale, y compris le matériel, n'a pas dépassé 174 880 francs par kilomètre.

Les frais de construction ont été, au 12 août 1840 :

	fr.
Pour frais d'études et travaux préparatoires.	371 549.08
Pour terrassements.	442 795.92
Pour ponts et passages.	288 517.16
Pour murs de soutenement.	44 609.04
Pour l'empierrement de la voie.	142 201.12
Pour les traversines et les dés en pierre.. . .	430 487.20
Rails en fer laminé.	1 255 232.92
Coussinets en fonte.	297 207.04
Clous et chevilles en fer.	52 054.48
Interposition de feutre.	5 643.44
Consolidation du terrain et pose des rails. .	94 068.64
Pour 25 changements de voie.	27 572.72
Pour les traversées des routes.	35 961.56
Clôtures, barrières, tableaux d'avis.	76 061.36
Plaques tournantes (16 grandes et 13 petites).	90 242.04
Bâtiments de service et huttes de garde. . .	674 503.44
Pour les fortifications de Castel.	28 037.00
Bornes.	2 802 64
Réservoirs d'eau (6 grues hydrauliques). . .	16 822.20
Ouvrages divers.	14 151.00
Total.	4 390 520.00
Il restait en approvisionnements.	112 169.20
Différence.	4 278 350.80

A cela il faut ajouter :

Pour achat des terrains, indemnités diverses.	1 341 960.00
Pour locomotives, waggons, etc.	908 093.52
Pour frais d'administration.	118 720.00
Total.	6 647 124.32
Jusqu'au 31 décembre 1843, on a encore dépensé.	962 668.68
Total.	7 609 793.00

La plus grande pente est de $3^{mm}.7$ sur une petite longueur ; et, sauf une courbe de 800 mètres de rayon, toutes les autres ont un rayon très-considérable.

En fait d'ouvrages, il n'y a de remarquable que le remblai de $7^{m}.15$ de hauteur et le pont à 9 arches qui traverse le Nidda près Hochst. On a donné aux terrassements la largeur nécessaire pour la pose de deux voies entre Francfort et Castel ; mais une seule a été mise en place jusqu'ici. La largeur d'une voie est de $1^{m}.50$; les rails ont $4^{m}.70$ de

longueur et pèsent 27 kilogrammes par mètre ; les coussinets qui relient les bouts des rails pèsent $10^{kg}.1$, les autres $8^{kg}.7$. Dans les déblais, ces coussinets sont scellés sur des dés en pierre de $0^{m}.60$ de largeur et $0^{m}.30$ d'épaisseur, et dans les remblais sur des traversines : ce dernier système a le mieux réussi. On payait $0^{fr}.14$ pour le perforage de 2 trous dans les dés. Les rails sont assujettis dans les coussinets au moyen de coins en bois de chêne placés extérieurement : en général, les constructeurs allemands ont préféré cependant placer les coins intérieurement, pour éviter que la pression variable des roues sur les coins ne leur donne du jeu. Au chemin d'Anhalt, on avait aussi, dans le principe, placé les coins à l'extérieur.

Les rails ont été faits symétriques en haut et en bas, pour pouvoir les retourner, de même qu'au chemin de fer d'Alsace ; mais l'expérience a prouvé que l'on s'était fait illusion, car les champignons de presque tous les rails retournés cassaient. On attribue cela à un arrangement particulier que subissent les atomes du fer sous l'influence du parcours des convois. On a remarqué en Allemagne que les rails qui étaient parcourus alternativement dans deux sens se détérioraient plus vite proportionnellement que ceux parcourus dans un même sens, et que ceux qui étaient placés dans la direction du méridien magnétique acquéraient des propriétés magnétiques seulement lorsque la voie était double et que le parcours se faisait toujours dans le même sens : cette influence magnétique devient quelquefois si grande, qu'elle a une influence sur le mouvement de rotation des roues.

Le mouvement sur ce chemin se fait au moyen de 11 locomotives, 99 voitures à voyageurs, 9 voitures couvertes de marchandises, et 24 autres waggons.

Les principales circonstances de l'exploitation de ce chemin sont données dans le tableau suivant :

	1841	1842	1843
	kilom.	kilom.	kilom.
Kilomètres parcourus par les locomotives. . . .	162 877	164 919	166 935
Dépenses pour :	fr.	fr.	fr.
La réparation des locomotives.	19 474.32	14 717.04	35 259.84
Idem des voitures.	9 512.44	13 949.60	
Le coke	112 095.00	110 632.20	111 344.52
La graisse et l'huile.	5 121.92	5 813.04	6 605.92
Les ateliers, ouvriers, matériaux.	35 639.32	38 963.48	38 897.76
Salaires et gratifications.	176 871.60	175 343.08	185 790.44
Loyers, fermages.	1 751.12	2 480.40	21 484.08
Entretien des stations.	6 326.08	15 397.56	15 709.20
Frais de bureau.	10 110.28	11 869.88	8 641.12
Habillements.	5 367.84	9 344.96	4 823.00
Outils et voitures de travail.	1 182.96	14 310.00	960.36
Frais de voyage.	4 146.72	»	»
Clavettes et coussinets.	»	11 426.80	1 034.56
Entretien du chemin.	58 090.12	38 838.40	25 469.68
Impressions, procès.	10 496.12	9 082.08	7 184.68
Chauffage et éclairage.	7 332.48	8 219.24	5 768.52
Entretien du mobilier.	814.08	2 236.60	1 301.68
Intérêts.	3 313.56	13 682.48	20 746.32
Assurances contre l'incendie.	118.72	1 286.84	1 490.36
Culture des terres.	322.24	4 223.04	2 493.12
Total des dépenses.	468 076.92	501 816.72	495 005.16
Total des recettes.	902 469.16	955 937.68	925 522.04
Recette nette employée ainsi :	434 392.24	454 120.96	430 516.88
Pour le directeur.	3 180.00	3 180.00	3 180.00
Pour la caisse de retraite et des veuves.	»	3 180.00	3 180.00
Dividende de 6 pour 100 aux actionnaires. . . .	381 600.00	381 600.00	381 600.00
Pour la caisse de réserve.	31 800.00	33 920.00	21 200.00
Pour le matériel roulant.	17 812.24	32 240.96	21 356.88
Rapport entre les dépenses et les recettes. . . .	51.83	51.44	53.50
Coke brûlé par kilomètre parcouru.	12kg.4	13kg.2	13kg.85
Voyageurs de 1re classe.	9 210	10 593	10 395
Idem de 2e classe.	83 865	81 169	83 219
Idem de 3e classe.	204 202	230 028	208 667
Idem de 4e classe.	472 274	487 222	442 369
Total des voyageurs.	769 551	809 012	742 332
Voyageurs transportés à 1 lieue de 4milles.444. .	105 650	132 058	127 168
Idem à 2 lieues.	320 687	323 015	291 682
Idem à 3 lieues.	8 130	7 201	7 312
Idem à 4 lieues.	26 556	29 133	28 876
Idem à 5 lieues.	5 816	2 388	2 558
Idem à 6 lieues.	25 567	25 162	21 948
Idem à 7 lieues.	7 960	8 689	9 408
Idem à 8 lieues.	191 057	201 029	173 616
Idem à 9 lieues.	8 282	14 472	20 197
Idem à 10 lieues.	69 846	65 865	61 895
Nombre de convois.	4 414	4 123	4 123
	à 8 voitures.	à 10 voitures	à 10 voitures
Kilomètres parcourus utilement.	161 940k	162 566k	165 714k
Marchandises ordinaires.	»	1 705t.5	2 004t.4
Effets de voyageurs et de poste.	828t	864t.5	798t.6
Nombre d'articles de messageries.	8 805	11 534	12 482
Equipages.	1 196	1 435	1 317
Bestiaux, chevaux, etc.	1 164	4 795	6 609
Chiens.	2 390	2 665	2 625

La recette en 1844 a été de 914 293fr.25, et le nombre total des voyageurs transportés, de 742 332.

En été il y a 6 départs par jour de chaque extrémité; les prix, avec 20 kilogrammes de bagage, et la durée du trajet sont ainsi réglés :

De Francfort à :	DISTANCES.	TEMPS.	KILOMÈTRES à l'heure.	PRIX DES 1res places.	2es places.	3es places.	4es places.
	km.	h. m.	km.	fr.	fr.	fr.	fr.
Hochst.	9.5	» 20	27.5	1.27	0.85	0.635	0.425
Castel.	30.4	1 15	24.3	4.45	3.07	2.12	1.48
Wiesbaden.	43.4	1 41	25.5	5.72	3.83	2.65	1.80

Pour 50 kilogrammes d'excédant de bagage, on paye 4fr.25 entre Francfort et Wiesbaden; pour 50 kilogrammes de marchandises, on paye, suivant la classe, 0fr.318 et 0fr.353 jusqu'à Hochst; 0fr.636 et 0fr.707 jusqu'à Castel, et 0fr.777 et 0fr.848 jusqu'à Wiesbaden.

Nous joignons ici le tableau des salaires que l'on donne aux différents employés attachés toute l'année à l'administration de ce chemin.

Administration centrale.

	fr.		fr.
1 directeur (non compris la part proportionnelle).	6 300	1 secrétaire.	3 150
1 inspecteur.	5 250	1 teneur de livres.	2 100
1 caissier en chef.	3 150	1 vérificateur.	1 680

Station de Francfort.

	fr.		fr.
1 administrateur.	2 100	1 surveillant.	907
1 caissier.	2 100	3 portiers à 605 fr.	1 815
1 aide-caissier.	1 260	4 cantonniers de la station à 605 fr.	2 420
1 chef de waggons pour les marchandises.	1 260	2 aides-cantonniers.	1 089
1 aide au chef de waggons. . .	1 008		

Station de Hochst.

	fr.		fr.
1 administrateur et caissier. . . .	1 680	1 portier.	554
1 surveillant.	756		

Stations de Florshain, de Hochheim et Biébrich.

	fr.		fr.
3 administrat.-caissiers à 924 fr. chacun	2 772	3 portiers à 504 fr.	1 512
		1 ouvrier à Biébrich	454

Station de Castel.

	fr.		fr.
1 administrateur	2 100	1 surveillant	905
1 caissier	2 625	2 portiers à 554 fr.	1 108
1 aide-caissier	1 365	4 cantonniers stationnaires	2 218
1 chef de waggons pour les marchandises	1 260	6 aides-cantonniers	3 024

Station de Wiesbaden.

	fr.		fr.
1 administrateur	2 100	1 surveillant	840
1 caissier	2 100	2 portiers à 554 fr.	1 108
1 aide pour les voitures	1 050	3 cantonniers stationnaires	1 663
1 chef de waggons	1 008	2 aides-cantonniers	1 008

Personnel des convois.

	fr.		fr.
2 commissaires	2 520	8 conducteurs	6 636
3 conducteurs en chef	2 646	4 aides-conducteurs	1 554
2 chefs des bagages	1 764	4 conducteurs ouvriers	2 540

Personnel du chemin.

	fr.		fr.
1 chef de chemin	2 940	7 gardes d'excentriques	3 881
1 surveillant	1 386	9 autres	4 479
4 autres	5 040	57 gardes de barrières et du chemin	26 933
1 aide	756		

Personnel de l'entretien du matériel d'exploitation.

	fr.		fr.
1 chef mécanicien	5 250	2 tourneurs	1 659
2 mécaniciens	2 310	8 menuisiers	6 653
3 conducteurs de locomotives à 5fr..25 par jour	5 748	1 charron	756
3 autres à 3fr..65	4 024	6 vernisseurs	5 090
3 chauffeurs	2 759	2 selliers	1 512
3 autres	2 299	1 charpentier	630
1 chef d'atelier	945	6 aides-charpentiers	3 024
3 forgerons	2 205	4 journaliers	1 512
8 serruriers	6 955	1 garde-magasin	1 008
		1 teneur de compte et écrivain	1 008

Ce qui fait un total de 195 560 francs ou 14 pour 100 de la recette brute.

En 1843, le duc de Nassau a fait étudier le prolongement de ce chemin, sur la rive droite du Rhin, jusqu'à Ehrenbreitenstein, et en juin 1844, un capitaliste de Londres s'est offert pour construire cette ligne dans l'intérieur du pays, au lieu de suivre la vallée du Rhin.

D'un autre côté, une convention du 12 décembre 1842, entre la ville de Francfort et le grand duché de Hesse-Darmstadt, a assuré la construction d'un chemin de fer entre Francfort et Offenbach. La concession de cette petite ligne a été accordée le 17 septembre 1844; en novembre les terrassements ont été commencés, et tous les travaux seront achevés en 1845.

R

ro su
1

ent
.2;

.9;

.2;

.9;

»

27

2.4;

.2;

.0;

.0;

37

.0;

; 41

3.5;

»

3.3;

3.0;

»

30.

.7;

.4;

.2;

53.0

43.4

»

48.

34.2

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY of ILLINOIS

2° TABLEAU *des tarifs en usage sur les chemins de fer allemands en exploitation.*

DÉSIGNATION DES CHEMINS	PRIX PAR KILOMETRE ET PAR VOYAGEUR, des places de :				PRIX PAR KILOMETRE ET PAR TONNE, de marchandises.			PRIX PAR KILOMÈTRE POUR :								OBSERVATIONS.
	1re classe.	2e classe.	3e classe.	4e classe.	Accelerees.	Ordinaires.	Produits du pays	Un cheval.	Deux chevaux.	Une tête de bétail	Un cochon.	Un veau.	Un mouton.	Un chien.	Un equipage suivant sa classe.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	centimes.	centimes.	centimes.	centimes.	centimes.	centimes.	centimes.	centimes.	centimes.	centimes.	centimes.	centimes.	centimes.	centimes.	centimes.	
Chemin autrichien du Sud, de Vienne à Glognitz	11.15	8.35	5.58	»	[illegible]	12.93	10.95	35.0	52.7	»	»	»	»	1.67	33.0; 41.2; 49.4; 66.0	Pour un abonnement de 12 voyages, les prix sont réduits de 1/6; on paye 250 fr. pour un [illegible] spécial de Vienne à Glognitz, et 125 fr. jusqu'à Baden; le vin est compris dans les marchandises ordinaires; les quatre classes d'équipages se composent des voitures légères et lourdes à 2 et à 4 places.
Vienne-Trieste partie de Murzzuschlag à Gratz	9.82	6.02	4.37	3.3	40.7	12.26	7.36	26.3	32.9	»	»	»	»	1.65	26.3; 32.9; 39.5; 46.1	Le vin, la bière, les bois, les matériaux de construction, sont compris dans les produits du pays; les denrées coloniales et objets manufacturés sont compris dans les marchandises ordinaires.
Chemin autrichien du Nord, dit de l'Empereur Ferdinand	13.2	8.23	5.5	3.3	49.0	14.8	12.30	33.0	41.2	»	»	»	»	1.67	33.0; 41.2, 49.4; 66.0	
Olmutz-Prague	9.88	6.59	3.58	»	45.8	»	»	26.3	32.9	»	»	»	»	1.65	26.3; 32.9; 39.5; 46.1	
Berlin-Francfort	11.0	7.13	3.07, places debout	»	47.2	53.6; 30.0; 22.2	18.87	22.2	»	7.7	3.00	2.20	0.74	2.2	» » » »	Un equipage paye 22fr.2, quelque distance qu'il parcoure; la compagnie paye 185 fr. [illegible] 100 kilogrammes de marchandise perdue, par cheval et par tête de bétail; 7[illegible] au plus par [illegible] par veau, 14fr.8 par mouton et 7fr.40 par chien. [illegible] fr. par cochon,
Breslau-Oppeln	11.30	7.12	4.16	»	30.0	24,7; 30.4, 51.8	16.8	21.4	38.2	13.7	3.81	3.05	2.14	1.5	22.8; 27.4; 32.0	Les marchandises accélérées ne comprennent ici que l'excédant des produits du pays comprennent le fer, le plomb, le zinc, le [illegible] bois, les harengs et les légumes.
Breslau-Freiburg	9.9	6.6	4.4	»	33.0	22.0; 28.5, 70.0	2.2; 11.0, 17.5	»	»	»	»	»	»	»	46.4; 33.1	Les produits du pays sont: 1° la houille, les chaux; 2° les pierres; 3° les légumes, les marchandises accelerees sont les excedants de bagage des voyageurs. Les prix sont augmentes de 1/10 lorsque les poids ne dépassent pas 250 kilogrammes.
Berlin-Stettin	9.55	6.8	4.10	»	38.0	19.7	13.9	28.9	43.7	12.7	3.2	2.50	1.30	»	41.2; 33.0	On rembourse 2 220 fr. et 1 110 fr. pour les équipages perdus, 555 fr. pour un cheval, 250 fr. pour un bœuf gras, 185 fr. pour une tête de bétail et par 100 kilogrammes de marchandises.
Berlin-Potsdam	9.30	7.05	4.76	0.95	38.0	25.1; 27.4	28.8	18.5	»	14.0	3.47	1.81	1.63	0.90	42.0; 56.0	Le prix des places à l'abonnement est réduit de 1/4.
Berlin-Cœthen	9.8	6.53	4.08	»	32.0	19.0	»	37.0	44.3	»	»	»	»	»	37.0, 44.3	La compagnie paye 6fr.60 par kilogramme de bagage perdu. Les équipages sont classés suivant qu'ils sont à 2 ou à 4 roues.
Magdebourg-Leipzig	9.8	6.5	4.10	»	27.0	16.4	13.8	31.3	47.0	»	»	»	»	»	50.0; 37.5; 33.5	La compagnie paye 185 fr. par 100 kilogrammes de marchandises perdues.
Magdebourg-Halberstadt	9.8	6.5	4.10	»	27.0	16.2	13.5	33.3	50.0	»	»	»	»	»	50.0; 33.3	Les enfants au-dessous de dix ans payent pour la classe immédiatement au-dessous de celle qu'ils prennent; une personne âgée avec un enfant pour la 3e classe, paye une seule place de 2e classe.
Dusseldorf-Elberfeld	11.55	8.3	5.8	4.60	40.5	27.7	»	»	»	»	»	»	»	1.4	55.8; 41.9; 35.0	On paye 6fr.6 par kilogramme de bagage perdu, et moyennant 1 pour 100 on peut assurer toutes les valeurs; les produits du pays sont: 1° la houille, les briques, les pierres, le sable, etc.
Chemin Rhenan	10.5	7.9	5.86	»	50.3	21.15; 14.1	10.6	»	44.7	»	»	1.7	1.7	1.7	58.5; 39.0	Les colis au-dessous de 1 kilogramme ne peuvent être portés que comme effets de poste par le waggon de l'administration des postes royales.
Cologne-Bonn	6.32	4.22	3.15	2.11	35.0	»	»	»	»	»	»	»	»	»	» »	
Leipzig-Dresde	9.60	7.32	4.83	4.08	42.7	21.4	11.85	32.3	48.5	14.5	4.3	3.05	2.15	1.65	33.3; 42.0	Avec les convois de marchandises les voyageurs ne payent que 7c.3 et 4c.07. On rembourse 6fr.10 par kilogramme de bagage perdu, et la valeur totale au moyen d'une prime de 5 pour 100.
Leipzig-Bavière	13.16	8.25	4.94	»	27.75	22.2	13.6	33.0	»	»	»	»	1.5	3.3	48.0; 34.0	La compagnie rembourse 185 fr. pour 100 kilogrammes de marchandise perdue.
Hambourg-Bergedorf	12.25	9.23	6.13	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	» »	Les dimanches et jours de fête, le prix des places est augmenté de 1/4.
Altona-Kiel	10.9	7.35	3.67	»	24.4	13.0; 9.75	5.7	15.3	»	11.5; 7.65	3.83	3.83	3.83	1.45	40.8; 30.7; 19.0	Le bétail gras paye plus que le bétail maigre; on paye 2fr.73 au maximum par kilogramme de marchandise perdue; et moyennant 1 pour 100 on assure toute la valeur.
Brunswick-Harzburg	8.35	5.5	4.5	2.77	25.3	13.5	12.5	33.3	49.7	»	»	»	»	»	49.7; 33.3	
Brunswick-Oschersleben	6.7	4.55	3.00	»	»	»	»	24.4	43.4	»	»	»	»	»	43.4; 24.4	Pour un chargement entier de voiture de marchandise, on paye 110c.4, 73c.4 et 36c.8, suivant que le waggon est à 8, 6 ou 4 roues.
Brunswick-Hanovre	9.7	6.4	4.1	»	36.0	»	10.2	32.7	49.1	»	»	»	»	»	49.2; 32.7	
Munich-Augsbourg	10.5	7.9	6.3	»	»	35.0	»	17.5; 21.0	»	»	»	»	»	7.0	84.3; 70.2; 53.0; 42.0; 35.0	Le prix des équipages varie depuis l'attelage à 6 chevaux jusqu'au simple cabriolet, les personnes qui restent dans leur voiture payent la place de 2e classe.
Nuremberg-Bamberg	5.7	3.9	2.48	»	39.0	»	»	»	»	14.4 et 8.55	1.9	1.9	1.9	1.1	57.0; 43.4; 22.8	On rembourse au plus 5fr.68 par kilogramme de bagage perdu; pour une voiture entière chargée de bestiaux, on paye 50c.4 par kilomètre.
Nuremberg-Furth	6.54	4.9	3.26	»	»	»	»	»	»	»	12.181	»	»	»	» » »	On ne fait pas sur ce chemin le transport des marchandises.
Chemin badois	9.7	6.5	4.9	3.24	18.7	12.5	10.1	10.5	39.0	8.1 et 6.5	2.4	1.63	1.63	1.63	58.3; 48.6; 34.0	Dans la 4e classe on est debout.
Chemin du Taunus	12.1	8.1	5.6	3.8	»	36.0 et 33.0	»	»	»	6.0	2.7	1.8	1.35	2.2	45.0; 34.2; 29.3	Pour un waggon entier rempli de 6 bœufs ou 24 cochons, on paye 19fr.30 de Francfort à Wiesbaden.

DÉ	RAYONS minimum.	OBSERVATIONS.
	16	20
	mètres.	
Chem 0 Vie	1 610	ouble sur 48km.5; la compagnie a dépensé en outre
	»	ur construire un grand atelier de machines.
Vienn Mur	284	dépenses n'a pas été publié encore.
0	474	
Chem	»	
de l	»	ble sur une longueur de 29km.8.
	»	
	»	
Olmu 0	285	encore que le montant des estimations.
Berli 0	1 055	
Bresl 0	1 880	onnes 9 et 10 sont ceux de l'estimation.
Bresl 0	942	
Berli 9	890	
Berli 0	1 508	
Berli 0	1 130	deux voies sur toute sa longueur.
Magd 0	940	deux voies sur toute sa longueur.
Magd 0	1 100	
Dusse 0 3	565	chine fixe est compris dans la colonne 11.
Chem 0 3	178 station d'A 1 130	
Colog 0	Rayons très-gran	
Leipz 0	396 stat. de Leip 1 160	
Leipz 0	800	
Hamb 0	130 à Bergedor	l de Bergedorf, qui a coûté 156 486 fr., est comfre de la colonne 9.
Alton 0 n 0	910	
Brun 0 bur 0 0	1 120 1 370 1 800	
Muni 0	879	
Nure 0	»	
Chem 0	180 dans les statio 800	s dans les colonnes de 5 à 12 sont ceux de l'esti- la ligne badoise, de 279km.55 de longueur; la rme le prix d'une double voie.
Chem 0	800	

ETTES :

pour les marchandises.	
24	
f	
113 98	
163 08	
442 42	
514 48	
49 00	
852 69	
1 252 50	
1 766 31	
1 982 541	
268 210	
»	
75 473	
15 700	
65 400	
»	
17 050	
46 276	
48 470	
45 859	
65 57	
472 91	
872 85	
487 16	
706 87	
1 052 89	
35 99	
87 88	
187 13	
184 79	
400 461	
524 841	
613 983	
707 729	
745 050	
8 810	
119 088	
295	
8 838	
»	
105 046	
148 470	
289 103	
»	
120 681	
191 232	
»	
»	
»	
»	
»	
»	
»	
»	
»	
»	

1° TABLEAU *résumé des principales données relatives aux chemins de fer allemands en exploitation.*

DÉSIGNATION DES CHEMINS	DATE DE LA MISE EN EXPLOITATION.	LONGUEUR DE LA PARTIE EN EXPLOITATION.	DÉPENSE totale de construction, intérêts compris	DÉPENSE PAR KILOMÈTRE. Totale.	Achat des terrains	Terrassements.	Ouvrages d'art	Bâtiments.	Voie de fer.	Matériel d'exploitation.	Frais d'étude, intérêts divers, etc.	POIDS des rails par mètre courant.	SYSTÈME de rail employé.	PENTE maxima employée.	RAYONS minimum.	NOMBRE DES Locomotives	Voitures de voyageurs.	Wagons de marchandises et autres	OBSERVATIONS.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		kilom.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	kilogr.		millimètres.	mètres.				
Chemin autrichien du Sud de Vienne à Glognitz.	20 juin 1841, à Neustadt.	»	23 246 707	309 000	21 400	46 400	40 100	41 000	88 100	47 600	24 400	26.0	Vignoles.	7.68	1 610	34	115	153	La voie est double sur 48km.5; la compagnie a dépensé en outre 1 881 682 fr. pour construire un grand atelier de machines.
	5 mai 1842, à Glognitz.	75.5		»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
Vienne-Trieste partie comprise entre Mürzzuschlag et Gratz).	21 octobre 1844.	95.4		»	»	»	»	»	»	»	»	21.0	Coussinets en fonte de 6kg.5, coins en fer.	7.4	284	22 locomotives. 17 tenders.	14	94	Le montant des dépenses n'a pas été publié encore
Chemin autrichien du Nord, dit de l'Empereur Ferdinand.	7 juillet 1839, à Brunn.	309.6	42 306 738	136 800	10 400	28 930	2 570	19 800	48 800	13 840	12 460	21.3	Coussinets en fonte, de 7kg.5	2.5	474	42 locomotives. 33 tenders.	129	488	
	17 octobre 1841, à Olmutz	197.6		»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
	15 août 1842, à Leipnick.	67.5		»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	La voie est double sur une longueur de 29km.8.
	20 juillet 1841, à Stockerau.	22.7		»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
		22.8		»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
Olmutz-Prague.	Août 1845.	252.0	43 898 187	174 000	»	»	»	»	»	»	»	21.0	Coussinets en fonte de 6kg.5, coins en fer.	6.67	285	48	»	»	On ne connaît encore que le montant des estimations.
Berlin-Francfort.	28 octobre 1842.	81.236	10 745 499	132 500	24 600	15 900	9 000	19 700	30 200	19 500	13 600	23.1 à 25.6	Rails creux.	8.77	1 055	15	27	71	
Breslau-Oppeln.	29 mai 1843.	81.0	6 660 000	82 200	»	»	»	7 740	29 300	»	»	22.1 à 25.0	Vignoles.	3.33	1 880	8	70	87	Les prix des colonnes 9 et 10 sont ceux de l'estimation.
Breslau-Freiburg.	8 octobre 1843.	55.8	7 030 000	110 150	11 300	13 750	4 120	19 100	28 200	11 900	21 780	29.8	Vignoles.	5.00	942	9	38	40	
		8.37																	
Berlin-Stettin.	16 août 1843.	134.42	14 018 517	103 459	7 850	22 000	7 760	12 370	24 400	15 000	14 019	25.20	Vignoles.	4.17	890	14	61	137	
Berlin-Potsdam.	30 octobre 1838.	26.362	5 179 349	197 000	26 400	24 400	8 300	33 750	42 750	51 000	10 400	19.4	A coussinets.	3.33	1 508	15	82	22	
Berlin-Cœthen.	10 septembre 1841.	152.28	17 929 538	117 600	7 025	17 200	11 400	18 350	38 400	15 830	9 395	25.3	1re voie, à coussinets. 2e voie, Vignole.	3.33	1 130	22 locomotives. 21 tenders.	128	249	Ce chemin est à deux voies sur toute sa longueur.
Magdebourg-Leipzig.	18 août 1840.	118.324	14 633 296	123 600	12 380	8 550	14 550	10 650	53 700	18 350	5 420	20.8 et 26.8	1re voie, rails creux. 2e voie, Vignole.	3.6	940	20 locomotives. 15 tenders.	96	240	Ce chemin est à deux voies sur toute sa longueur.
Magdebourg-Halberstadt.	15 juillet 1843.	58.0	4 792 532	82 660	9 660	7 350	2 290	11 440	34 000	14 020	3 840	26.8	Vignoles.	3.33	1 100	6 locomotives. 6 tenders.	32	60	
Dusseldorf-Elberfeld.	Septembre 1841.	26.50	7 160 355	270 000	15 630	58 900	24 400	19 750	43 300	41 500	66 520	20.5	A coussinets.	plan incliné 33.33 7.7	565	8	44	49	Le prix de la machine fixe est compris dans la colonne 11.
Chemin Rhénan.	Septembre 1841, de Cologne à Aix.	69.566	30 713 902	358 000	23 800	»	»	27 500	»	24 100	»	25.35	A coussinets.	plan incliné 26.3 5.0	178 station d'Aix. 1 130	14	52	266	
	15 octobre 1843, aux frontières.	85.86																	
Cologne-Bonn.	13 février 1844.	28.9	3 578 514	124 000	27 500	9 840	5 900	12 300	32 200	20 400	9 860	28.8	A coussinets.	5.00	Rayons très-grands.	6	39	9	
Leipzig-Dresde.	7 avril 1839.	114.56	21 899 721	191 000	»	»	»	10 350	»	18 600	»	28.0	Vignoles.	5.00	396 stat. de Leipzig. 1 160	23 locomotives. 13 tenders.	87	160	
Leipzig-Bavière.	19 septembre 1842, à Altenbourg.	38.85	9 082 685	144 500	15 750	59 600		15 300	29 000	18 800	6 050	22.4 et 30.0	Vignoles.	5.00	800	10	92	212	
	15 mars 1843, à Krimmitzschau.	67.00																	
Hambourg-Bergedorf.	17 mai 1842.	15.5	3 485 261	225 000	62 000	21 900	30 000	30 200	37 400	33 400	10 100	30.7	A coussinets.	2.00; et 10.00 à Hambourg.	130 à Bergedorf.	4	19	10	Le grand hôtel de Bergedorf, qui a coûté 156 186 fr., est compris dans le chiffre de la colonne 9.
Altona-Kiel.	18 septembre 1844.	105.0	9 690 000	92 200	3 600	26 800		»	23 800	9 800	»	28.0	Vignoles.	5.43, et un plan incliné de 154.00	910	10	38	74	
Brunswick—Oschersleben—Harzburg—Hanovre.	31 octobre 1841, à Harzburg.	45.6	4 380 455	96 000	»	39 700	17 150	»	»	»	»	26.2 et 34.0	Vignoles.	21.7	1 120	12	54	75	
	16 juin 1843, à Oschersleben.	61.7	5 920 000	95 700	10 200	10 700	5 000	13 800	27 800	16 700	11 500	»	»	2.5	1 370	»	»	»	
	19 mai 1844, à Hanovre.	17.7	2 016 500	113 600	8 150	12 600	4 040	16 700	28 300	22 800	21 010	»	»	2.78	1 800	»	»	»	
Munich-Augsbourg.	4 octobre 1840.	60.40	8 908 371	147 500	14 150	30 000	24 000	4 900	39 150	13 600	21 700	19.8	A coussinets.	3.56	879	8	37	31	
Nuremberg-Furth.	7 décembre 1835.	6.5	452 637	70 000	13 400	1 075	7 760	9 000	18 300	15 650	4 815	15.3 à 19.1	A coussinets de 5kg.0 à 6kg.1.	5.00	»	2	12	»	
Chemins badois.	11 septembre 1840, de Manheim à Heidelberg.	19.00	»	216 900	26 000	31 400	27 700	23 340	70 900	32 800	4 760	22.4	Rails creux.	5.3	180 dans les stations. 800	16	131	58	Les prix portés dans les colonnes de 5 à 12 sont ceux de l'estimation de toute la ligne badoise, de 279km.55 de longueur; la colonne 10 renferme le prix d'une double voie.
	13 avril 1843, à Carlsruhe.	156.44																	
	1er juin 1844, à Offenbourg et Kehl.	»																	
Chemin du Taunus.	13 avril 1840.	43.4	609 793	175 000	31 000	10 200	10 200	15 500	55 000	21 000	32 100	27.0	A coussinets.	3.7	800	11	99	33	

		UTRETIEN le longue an.
	s	Des bâtiments seulement
	7	19
		fr.
	.4	»
Ch	.5	268
C	.1	261
	.9	191
	.2	»
Ch	.9	135
I	.5	258
	.3	177
Be	.3	»
	»	»
Br	»	155
Br	»	200
Be	.8	»
	.2	»
	.5	»
Be	.6	»
	.4	»
	.7	»
Ch	.2	240
	.8	269
M	.7	110
	.6	166
M	.3	211
	.2	»
D	.9	»
	.3	»
Ch	.7	»
	.4	»
	.8	105
Le	.7	135
	.5	286
	.7	356
Le	.9	2 230
	.7	1 970
H	.5	»
	.3	103
M	»	»
	.9	78
	.8	72
	»	211
N	»	207
	»	209
	»	260
Ch	.1	»
	.1	93
Ch	.2	145
I	.3	355
	.3	362

...eiôt en kilogr

4° TABLEAU *relatif à l'exploitation des chemins de fer allemands.*

DÉSIGNATION DES CHEMINS.	ANNÉE DE L'EXPLOITATION.	KILOMÈTRES parcourus par les convois.	DÉPENSE PAR KILOMÈTRE PARCOURU par les convois.				DÉPENSE PAR KILOMÈTRE PARCOURU relative à la traction.					FRAIS D'ENTRETIEN par kilomètre parcouru		CONSOMMATION par kilomètre parcouru.			FRAIS D'ENTRETIEN par kilomètre de longueur et par an.		OBSERVATIONS.
			Totale.	Administrations diverses.	Entretien des travaux.	Transport.	Totale.	Combustible	Huile et graisse.	Conducteurs et chauffeurs.	Reparation des locomotives et tenders.	Pour toutes les voitures.	Pour une seule.	Bois en steres.	Coke.	Graisse, huile, en grammes	De tout le chemin.	Des bâtiments seulement.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		kilom.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr	fr.	centimes.	steres	kilog.	gramm.	fr.	fr.	
Chemin autrichien du Sud, de Vienne à Glognitz	Du 16 mai 1841 au 30 juin 1842	324 982	2.897	1.078	0 402	1.417	0.852	0.522	0.049	0.127	0.154	»	»	0.077	»	»	»	»	A cause du grand nombre de convois doubles, les kilomètres parcourus par les locomotives sont, pour les quatre époques : 461 083, 300 403, 515 730 et 547 000 kilomètres ; et la dépense pour la traction a été ici calculée par kilomètre parcouru par locomotive.
	Du 1er juillet au 31 décembre 1842	207 652	2.673	0.886	0.247	1.540	0.869	0.525	0.059	0.085	0.200	»	»	0 084	»	»	1 228	268	
	1843	392 686	2.618	0.475	0.258	1.383	0.874	0.536	0.029	0.102	0.207	0.119	»	0.092	»	»	1 339	261	
	1844	409 200	2.465	0.279	0.271	1.915	0 9017	0.472	0.0207	0.153	0.256	0.1925	»	0.077	»	»	1 466	191	
Chemin autrichien du Nord, dit de l'Empereur Ferdinand	Du 1er novembre 1840 au 1er novembre 1841	409 413	3.270	0.570	0.470	2.230	1.781	1.370	0.064	0.089	0.258	0 202	»	»	20.7	»	»	»	La colonne 17 ne contient ici que la graisse relative aux locomotives ; les voitures ont consommé, en 1842 et 1843, 1fr.55 et 0fr.71.
	Du 1er novembre 1841 au 31 décembre 1842	668 928	3.361	1.042	0 4.2	1.907	1 622	1.120	0.065	0.165	0.272	0.137	»	0.0936	17.0	16 3	793	135	
	1843	639 391	3.059	1.052	0.498	1.509	1.063	0.593	0.0385	0.150	0.235	0.210	1.136	0.1030	22.55	13.5	1 032	258	
	1844	752 800	2.785	0.935	0.497	1.353	0 8455	0.459	0.0505	0.165	0.221	0.234	»	0.0850	»	18.5	1 173	177	
Berlin-Francfort sur Oder	Du 23 octobre 1842 au 31 décembre 1843	239 000	2.274	0.448	0.471	1.355	»	0.514	0.066	»	0.0297	0 043	»	»	»	»	»	»	A cause des locomotives de renfort, les kilomètres parcourus par les machines sont 252 569 et 218 174 kilomètres, et les frais de traction sont relatifs à ces chiffres.
	1843	194 605	2.400	»	»	»	0.6815	0.512	0.0467	0.0926	0.0302	0 044	0.703	0.082	»	37.00	1 186	»	
Breslau-Oppeln	Du 22 mai au 31 décembre 1843	195 782	2.250	»	0.425	»	0.589	0.357	0.050	0.059	0.143	»	0.601	0.0505	»	35.00	1 410	155	On a brûlé du chêne et du bouleau.
Breslau-Freiburg	Du 29 octobre 1843 au 31 mars 1844	40 951	2.580	»	0.534	»	»	0.444	(compris dans la colonne 12.)	»	0.141	0.038	»	0.0054 +	litres. 30.1	»	1 600	200	
Berlin-Stettin	Du 1er août 1842 au 30 avril 1843	85 433	2.580	0.130	0.600	1.850	1.355	»	»	»	0.080	»	0.865	»	23.1	»	510	»	
Berlin-Potsdam	1839	106 545	3.208	0.385	0.641	2.242	»	0.940	0.110	»	0.174	0.0855	»	»	»	»	2 555	»	Dans les comptes rendus de la compagnie, on ne distingue pas les dépenses des chauffeurs et conducteurs de locomotives de celles des autres employés attachés au transport ; en moyenne, le personnel du transport coûte 0fr.43 par kilomètre parcouru.
	1840	122 951	2.322	0.268	0.498	1.556	»	0.511	0.0675	»	0.171	0.0983	»	0.0864	28.65	»	2 320	»	
	1841	116 291	2.362	0.253	0.483	1.626	»	0.610	0.0717	»	0.156	0.1187	»	0.0877	23.05	»	2 130	»	
	1842	111 577	2.145	0.232	0.426	1.487	»	0.537	0.0710	»	0.163	0.0800	»	0.0786	21.05	»	1 880	»	
	1843	108 565	2.556	0.251	0.514	1.791	»	0.533	0.0619	»	0.221	0.1800	»	0.0755	»	»	2 125	»	
Chemin d'Anhalt ou Berlin-Cœthen	1842	363 932	3.050	0.176	0.660	2.214	0.9212	0.686	0.0603	0.100	0.0749	0.158	0.756	0.00332 +	35.3	47.00	1 574	240	Les locomotives ont parcouru 400 777 et 487 357 kilomètres dans les deux exercices.
	1843	427 972	2.610	0.168	0.633	1.809	0.8775	0.670	0.034	0.0836	0.0999	0.130	»	0.00243 +	33.5	45.00	1 778	269	
Magdebourg-Leipzig	1841	304 036	2.880	0.3505	0.778	1.7515	»	0.855	»	»	0.185	»	»	»	39.2	»	1 995	110	
	1842	390 461	2.300	0.2565	0.437	1.6065	»	0.752	»	»	0.217	»	»	»	37.6	»	1 430	166	
Magdebourg-Halberstadt	1843	484 633	2 090	0.2195	0.564	1.3165	»	0.550	»	»	0.196	»	»	»	26.0	»	2 280	211	
	Du 16 juillet au 31 décembre 1843	41 573	3.680	1 275	1.135	1.270	»	0.500	»	»	0.198	»	»	»	»	»	1 505	»	
Dusseldorf-Elberfeld	1842	89 517	3.920	0.435	0.570	2.915	»	»	»	0.265	0.288	»	»	»	»	»	1 960	»	
	1843	89 623	3.030	0.485	0.780	2.365	»	0.475	0.081	»	0.331	»	0.375	»	kilog. 15.25	»	2 640	»	
Chemin Rhénan	1842	158 508	3.842	0.770	0.798	1.735	1.098	0.980		0.252	0.466	0.184	»	»	19.45	litres. 0.0590	»	»	
	1843	168 291	2.978	0.783	0.782	1.413	1.472	0.895		0.264	0.313	0.165	»	»	15.8	0.0494	»	»	
Leipzig-Dresde	1840	346 823	2.660	0.246	0.586	1.828	1.320	0.995	»	»	0.179	0.122	1.12	»	litres. 30.0	gramm. 19.37	1 776	105	
	1841	386 783	2.430	0.160	0.512	1.758	1.2232	0.926	0.0237	0.0935	0.184	0.115	0.93	»	45.5	21.9	1 730	135	
	1842	425 706	2.250	0.169	0.500	1.581	1.0566	0.712	0.0206	0.100	0.224	0.097	0.92	»	45.0	21.7	1 865	286	
	1843	432 585	2.360	0.160	0.664	1.736	1.215	0.770	0.04167	0.104	0.300	0.214	1.26	»	44.1	»	1 750	356	
Leipzig-Altenbourg, ou saxo-bavarois	Du 19 septembre au 31 décembre 1842	17 050	3.870	0.800	1.160	1.910	1.13	0.812	»	0 213	0.105	0.157	1.49	»	kilog. 9.8	»	4 800	2 230	Ici les chiffres de la colonne 11 contiennent aussi la dépense du personnel des voitures.
	1843	82 732	3.970	0.800	1.430	1.740	1.065	0.740	»	0.202	0.123	0.264	1.98	»	9.3	»	4 470	1 970	
Hambourg-Bergedorf	Du 17 mai au 31 décembre 1842	38 261	2.950	0.415	1.222	1.513	0.8665	0.320	0.0225	0.261	0.263	0.311	1.80	»	7.45	»	»	»	
	1843	57 205	2.790	0.402	1.040	1.348	0.8745	0.330	0.0205	0.209	0.315	0.540	2.33	»	7.65	»	3 890	103	
Munich-Augsbourg	Du 1er octobre 1840 au 30 septembre 1841	128 508	2.630	0.180	»	»	»	0.680	0.077	0.150	»	»	»	»	»	»	»	»	
	Du 1er octobre 1841 au 30 septembre 1842	115 666	2.690	0.640	0.088	1.962	0.885	0.393	0.084	0.178	0.230	0.182	»	0.057 +	1.78	»	167	78	
	Du 1er octobre 1842 au 30 septembre 1843	139 194	2.460	0.483	0.107	1.870	0.7125	0.364	0.0905	0.140	0.118	0.165	»	0.0692 +	0.201	23.5	244	72	
Nuremberg-Furth	1841	16 861	0.700	»	0.056	»	»	0.371	0.0335	»	0.046	0.072	»	kilog. 1 5 +	6.92	»	521	211	Les kilomètres parcourus donnés dans la colonne 3 sont ceux relatifs aux convois avec locomotive ; le nombre de kilomètres parcourus en totalité par an est de 60 200 kilomètres, y compris ceux à chevaux ; et les colonnes 4, 6 et 13 ont été calculées d'après ce dernier nombre : les frais de traction avec chevaux ont été de 0fr.0725 par kilomètre en moyenne.
	1842	18 049	0.806	»	0.165	»	»	0.288	0.0497	»	0.0527	0.058	»	2.78 +	5 08	»	1 540	207	
	1843	22 126	0.701	»	0.160	»	»	0.197	0.0197	»	0.0387	0.088	»	11.95 +	0.248	»	1 490	209	
	1844	23 034	0.822	»	0.082	»	»	0.276	0.0276	»	0.0620	0.048	»	11.00 +	1.070	»	760	260	
Chemins badois	Du 12 septembre 1840 au 31 décembre 1841	73 140	2.22	0.642	0.395	1.183	0.8325	0.592	0.067	0.228	0.0435	0.0505	0.76	»	13.1	»	1 170	»	La colonne 11 renferme la dépense de tout le personnel attaché au transport.
	1842	82 009	1.79	0.261	0.352	1.177	0.8272	0.495	0.0685	0.215	0.0487	0.0870	1.595	»	10.5	»	1 528	93	
Chemin du Taunus, ou Francfort-Wiesbaden	1841	161 940	2.86	0.216	0.396	2.248	»	0.691	0.0316	»	0.120	0.059	0.736	»	12.4	»	1 485	145	
	1842	162 566	3.00	0.242	0.403	2.355	»	0.680	0.0357	»	0.091	0.086	0.860	»	13.2	»	1 500	355	
	1843	165 714	2.86	0.202	0.250	2.318	»	0.672	0.0398	»	0.213	»	»	»	13.85	»	950	362	

NOTA. Les chiffres des colonnes 5, 6, 8, 12, ne sont pas toujours tout à fait comparables, parce que les différentes compagnies, dans leurs comptes rendus, ne classent pas toujours les mêmes dépenses sous les mêmes titres. Dans la colonne 16, on a marqué le coke, tantôt en litre, tantôt en kilogramme ; le poids du coke est aussi très-variable suivant sa provenance.

N° 136.

MÉDAILLES EN OR, ACCORDÉES ET VOTÉES,

Aux termes de la circulaire du directeur général des ponts et chaussées, du 28 janvier 1835 (*),

En faveur des meilleurs mémoires insérés aux Annales des ponts et chaussées dans les six cahiers de 1844.

Conformément à la circulaire précitée, une médaille de 600 fr. et deux médailles de 300 fr. ont été accordées pour l'année 1844.

Ces médailles ont été décernées d'après les votes émis par les ingénieurs souscripteurs. Le dépouillement des votes a été fait en conseil général des ponts et chaussées.

En voici le résultat :

Désignation des mémoires couronnés.

1° MÉDAILLE D'OR DE 600 FRANCS.

Mémoire N° 105. Du prix des transports sur les chemins de fer;

Par M. JULLIEN, ingénieur en chef directeur des ponts et chaussées.

2° MÉDAILLES D'OR DE 300 FRANCS.

PREMIÈRE MÉDAILLE.

Mémoire N° 116. De la mesure de l'utilité des travaux publics;

Par M. DUPUIT, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

(*) Annales des ponts et chaussées, *Mémoires et documents*, 1re série, 1er semestre 1835, tome IX, N° CCXI, page 1.

SECONDE MÉDAILLE.

Mémoire N° 108, sur les inconvénients que présentent les passages rétrécis dans les canaux de navigation;

Par M. Comoy, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Une mention honorable a été accordée à l'article suivant qui a obtenu le plus de suffrages après les travaux ci-dessus mentionnés :

Mémoire N° 99, sur l'emploi des contre-forts;

Par M. L'Éveillé, ingénieur des ponts et chaussées.

TABLES DES MATIÈRES

DISPOSÉES

PAR ORDRE D'INSERTION ET PAR ORDRE ALPHABÉTIQUE,

POUR

LES MÉMOIRES ET DOCUMENTS

PUBLIÉS EN 1845.

2e SEMESTRE.

Première table.

RÉCAPITULATION GÉNÉRALE PAR ORDRE D'INSERTION.

NUMÉROS des Planches.	INDICATION DES MATIÈRES.	NUMÉROS des Pages.	NUMÉROS des Articles.	RAPPEL des Cahiers.
82.	Alimentation du canal de jonction de la Sambre à l'Oise; notes par M. Lamarle.	1	128	4
	Observations sur les chemins de fer anglais; par MM. P. Michelot et Aug. Bousson. . .	88	129	
	Chaux et ciments hydrauliques; recherches statistiques par M. Vicat.	121	130	

NUMÉROS des Planches.	INDICATION DES MATIÈRES.	NUMÉROS des Pages.	NUMÉROS des Articles.	RAPPEL des Cahiers.
	Chemin de fer d'Orléans; prix de revient; par M. Jullien.	129	131	5
	Routes en empierrement; frais d'entretien et usure des chaussées; expériences et observations par M. Garnier.	146	132	
83, 84.	Chaudières à vapeur; explosions; rapports par MM. Pigeon, Meugy, Combes, Comte et de Saint-Léger.	197	133	
	Élasticité des bois; résumé d'un mémoire de M. Hagen, communiqué par M. Lalanne. .	252	134	
85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97.	Chemins de fer allemands; statistique, par M. Baumgarten.	257	135	6
	Distribution des médailles pour l'année 1844. .	459	136	

Deuxième table.

ANALYSE DES MATIÈRES PAR ORDRE ALPHABÉTIQUE.

A

Aarœsund. *Voir* Flensburg.
Accident. *Voir* Chaudières.
Accotements. *Voir* Main-d'œuvre.
Achern, 442.
Adam (ressorts d'), 348, 354.
Administration des chemins de fer allemands. — Hanovre; commission supérieure, 419.—Wurtemberg, *id.* 437. — Bade; l'administration des postes en est chargée, 441.
Administration et conduite de travaux (chemins de fer allemands); dépense en bloc, 308, 319, 323, 329, 353, 359, 371, 374, 441, 453 — par kilomètre, 273. *Voir* Exploitation.
Adolpha, 356.
Adriatique (chemins de fer sur la mer). *Voir* Fiume, Trieste.
Aiguilles; chemins de fer anglais, 101.
Aix-la-Chapelle. *Voir* Cologne, Maestricht, Neusse, Ruhrort. — (Tunnel d'), 375.
Alimentation. *Voir* Canaux.
— des machines de chemin de fer. — Dépense d'établissement (chemin d'Orléans) 144; (chemins allemands), 453.— Dépense d'exploitation (chemins allemands), 311.
Allemagne (mémoire sur l'état des chemins de fer d') en 1844, par M. Baumgarten, 257.
Alpes juliennes, 281.
Alten, 386.
Altenbourg. *Voir* Leipzig, Zwickau.
Altona (chemin de fer d') à Kiel, travaux, 405; exploitation, 407.— Embranchement sur Gluckstadt, concession, 407.—*Id.* de Rendsburg à Neumunster, concession, 408. *Voir* Flensburg, Schleswig.
Amortissement (chemins de fer), 260, 263, 294, 333, 342, 350, 359, 383, 390, 418, 425, 429, 440.
Amsterdam (chemin de fer d') à Arnheim, par Utrecht, travaux, exploitation, 382. Prolongement sur le chemin de Cologne à Minden, projet, 385.
Angermunde, 323.
Angleterre. Observations sur les chemins de fer, 88. *Voir* Chemins de fer.
Anhalt (chemin de fer d') en Prusse et en Saxe, 336, 491.
Anzin (chemin de fer d') à Abscon; rapport sur la rupture d'un essieu de locomotive, 245.
Apenrade. *Voir* Flensburg.
Appareil — pour imprégner les bois, 446. — de Klein pour l'emploi du bois et de la tourbe au chauffage des locomotives, 293, 413.
Appennweier, 441, 442.
Aqueducs. — Chemin de fer d'Orléans, 137. — Chemins de fer allemands, 290, 388, 419—anglais, 92.
Armatures reliant les cylindres intérieur et extérieur d'une chaudière à vapeur; leur utilité, 230, 233.
Arnheim (chemin de fer d'):
— à Amsterdam, travaux, exploitation, 382.
—à Duisburg sur le chemin de Cologne à Minden, projet, 385.
Aschaffenbourg, 430.
Asséchement. — Chemins de fer anglais, 92. — Chemin de fer de Paris à Orléans, 131. — Ponts en charpente, 340. — Tunnel, 377.
Assurances; chemins de fer allemands; dépenses, 326, 374, 433, 455.
Ateliers et dépôts de machines. — Dépenses d'établissement (chemin de fer d'Orléans), 144; (chemins de fer allemands), 347, 371, 374, 387.
Augsbourg (chemin de fer d'):
— sur la Saxe, travaux, 427; ex-

ploitation partielle, 430; embranchement sur Bayreuth, projet, 430.
— à Lindau sur le lac de Constance, projet, 427, 429.
— à Munich, 271, 431.
Autriche. — Monnaies, poids et mesures; conversion, 273. — État des chemins de fer en 1844, 276.
— Concessions aux compagnies; clauses et conditions, 258. — Lignes exécutées par l'état, 264.— Longueur totale, 259.—Mesures de sûreté, vitesse, 259.
— Chemin du Nord, dit de l'Empereur Ferdinand, sur la Saxe, la Prusse et la Pologne, 271, 272; travaux, 286; exploitation, 291; prolongement sur Prague et sur Dresde, travaux, exploitation partielle, 297, 301, 397; jonction avec les chemins de fer prussiens, 315, 321.
— Chemin de fer sur la Bavière, 430.
— *Voir* Budweiss, Pilsen, Prague, Vienne.
Auxiliaires; proportion dans laquelle ils doivent être adjoints aux cantonniers, 181.

B

Bade (grand-duché de). — Monnaies, poids et mesures; conversion, 274.
— État des chemins de fer en 1844, 429.
— Jonction avec le Wurtemberg, 437, 451. — avec Francfort et la Hesse, 449.
Bade (bains de), 441.
Baden (tunnel, viaduc et station de) sur le chemin de fer de Vienne à Glognitz, dessin, 281, 282.
Bagage. *Voir* Tarif. Tout bagage que le voyageur ne peut garder sur lui, paye, sur le chemin de fer d'Augsbourg en Saxe, 430.
Bail d'exploitation de chemins de fer, 279, 299.
Ballast. — Chemins de fer anglais, 97. — Chemin de fer de Paris à Orléans (dépense), 135. — Chemins allemands (dépense), 370, 402, 442, 453; (épaisseur), 420, 450; (briques cassées), 447. — Rigoles d'asséchement pratiquées dans le ballast, 92.
Baltique (chemin de fer reliant la mer) avec la mer du Nord, 405, 409.
Bamberg (chemin de fer de):
— à Ausgbourg, travaux, exploitation partielle, 427, 429, 430.
— à Francfort-sur-le-Mein, études, 430.
— à Gestungen et à Cassel, par Cobourg, Hildburghausen et Meinungen, projet, 356, 401.
Banquettes (chemins de fer), largeur, 435, 445.
Bardonnaut. Examen de ses écrits sur les frais d'entretien et l'usure des routes en empierrement, 147, 148, 149, 150, 159, 162, 169, 174.
Barlow, 255.
Barrières. — Chemins de fer anglais, 101. — *Id.* allemands, dépense, 453.
Bassovizza, 281.
Bateaux à vapeur. *Voir* Chaudières.
Bâtiments pour le service des chemins de fer. — Frais d'établissement en bloc, 277, 308, 319, 323, 329, 330, 336, 347, 353, 375, 383, 387, 442, 453. — *Id.* par kilomètre, 458, tableau n° 1, colonne 9. — Frais d'entretien, 279, 284, 296, 309, 326, 342, 349, 354, 362, 363, 433, 448; récapitulation, 458; tableau n° 4, colonne 19. *Voir* Gardes (maisons de).
Baumgarten. Notice sur l'état des chemins de fer allemands en 1844, 257.
Bautzen, 313, 396 (station de), 397.
Bavière. — Monnaies, poids et mesures; conversion, 274.
— (Chemins de fer de). — Concessions; clauses et conditions, 263.—Leur état en 1844, 427. — Chemin de fer de jonction avec la France, 435. — *Id.* par la Prusse, 385. — Avec la Saxe, 393, 427, 401. — Avec la Hesse, 401, 435. — Avec la Prusse, 401. — Avec l'Autriche, 430. — Avec le Wurtemberg, 436.—*Voir* Augsbourg, Ludwigshafen, Nuremberg.

Bayreuth. *Voir* Augsbourg.
Beihl, 442.
Belgique (chemin de fer de) en Prusse, 372.
Bergedorf. *Voir* Hambourg.
Berlin, 268. — (Prix des terrains à), 271. — Surface occupée par les stations des chemins de fer, 271. — (Stations de); courbes, 307; dépenses, 308, 336; élévation, 337.
Berlin (chemin de fer de):
— sur l'Autriche, 286. — Berlin-Francfort, 306; Francfort-Breslau, 313; Breslau-Kosel, 315; Kosel. — Chemin autrichien du Nord: premier embranchement, 293; second embranchement, 321.
— à Bergedorf sur Hambourg, travaux, 329.
— à Cassel et à Bamberg, par Halle, Weimar, Erfurt, Gotha, Eisenach et Gestungen, concession, 356.
— à Cœthen, sur la ligne de Magdebourg à Leipzig, 271, 272, 454; travaux, 336; exploitation, 341.
— à Cracovie, par Francfort-Breslau, 306, 313, 318.
— à Dresde, par Interbock et Riesa, concession, 336.
— à Francfort-sur-l'Oder, 271, 272; travaux, 306; exploitation, 309.
— à Glogau, concession, 318.
— à Kœnigsberg, tracé, 328.
— à Magdebourg, par Potsdam, concession, 330, 335, 336.
— à Potsdam, travaux, 330; exploitation, 332; prolongement sur Magdebourg, concession, 330, 335.
— à Stettin, 271, 272; travaux, 323; exploitation, 325; prolongement jusqu'à Stargard, 327.
— à Stralsund, projet, 329.
— *Voir* Halle.
Bernburg. *Voir* Cœthen.
Berthault-Ducreux, 176, 181, 186.
Beslay (chaudières du système de M.); explosions, 235; examen de ce système, 238.
Bexbach (chemin de fer de Ludwigshafen à), travaux, 434; prolongement jusqu'à Saarbruck et à Metz, projet, 385.
Biberach. *Voir* Stuttgard.
Biébrich, 457. *Voir* Francfort-sur-le-Mein.
Biélefeld, 368.
Biron (rapport sur l'explosion d'un bouilleur de chaudière dans l'établissement du sieur), 234.
Bischofswerda, 397.
Blocs de grès juxtaposés; chemin de fer de Prague à Lahna, 304.
Bochnia, 287.
Bohwinkel (chemin de fer de): — à Dusseldorf et à Elberfeld, 358 — à Steele, concession, 366 — à Solingen et à Lennep, projet, 367.
Bois:
— (Élasticité du); résumé d'un mémoire de M. Hagen, communiqué par M. Lalanne, 252.
— (Préparation des); chemins de fer anglais, 99; *id.* allemands, 445; description de l'appareil, 446.
— (Chauffage des locomotives au). *Voir* Combustible.
Boitzenburg, 329.
Bonn. *Voir* Cologne.
Bormen. *Voir* Cologne.
Bornage (chemins de fer allemands); dépense en bloc, 308, 329, 353, 419, 438, 453 — par kilomètre, 273.
Borsfum, 416.
Borsig, 269, 316, 321, 325, 341.
Boue. *Voir* Détritus.
Bouilleur vertical à fond mobile; chaudières à vapeur; inconvénient de ce système, 238.
Bousson (Aug.). Observations sur les chemins de fer anglais, 88.
Brakmeier, 368.
Brandebourg, 335.
Branowitz, 288.
Brême (chemin de fer de) à Hanovre, projet et travaux, 422.
Breslau, 271 (chemin de fer de):
— à Francfort-sur-l'Oder, travaux, exploitation partielle, 262, 313.
— à Dresde, travaux, 314, 396. *Voir* Zwittau.
— à Oppeln et Kosel avec double embranchement sur le chemin autrichien du Nord, travaux, exploitation, 262, 271, 272, 315; premier embranchement, Kosel-

— Breslau (ch. de fer de) (*suite*). Neu-Berun-Oswieczin, travaux, 315; second embranchement, Kosel-Oderberg, travaux, 321.
— à Glogau, concession, 318.
— à Freiburg et à Schweidnitz, travaux et exploitation, 318.
Bretten, 451.
Brieg (chemin de fer de): — à Breslau, 315 — à Neisse, 322.
Briesen, 307, 308, 312.
Briques (ouvrages en); chemins de fer allemands, 290, 298, 375; chemins de fer anglais, 94, 95. *Voir* Ballast.
Brise-glaces (pont sur le Danube), 288.
Brod, 298.
Brody, 287.
Bromberg, 328.
Brouette (prix du transport à la) comparé avec d'autres modes de transport pour les terrassements, 272.
Bruchsal, 436, 442, 451.
Bruck, 278; (chemin de fer de) aux frontières hongroises, 282.
Bruhl, 370, 372. — (Station de), dépense, 371.
Brunel, 445.
Brunn:
— (Chemin de fer de) à Prague, 297, 300; à Vienne, détails d'exécution, 287.—*Id.* d'exploitation, 291.
— (Viaduc et pont de); dessin, 288, 289.
— (Station de), dessin, 291.
Brunswick (duché de). — État des chemins de fer en 1844, 411. — Jonction avec la Prusse, 352, 416; avec le Hanovre, 416, 419.
Brunswick (chemin de fer de):
— à Magdebourg, par Oschersleben, travaux, 352, 416; exploitation, 354, 416.
— à Harzburg, travaux, 411; exploitation, 415.
— à Hanovre, travaux et exploitation, 417, 419.
Bruxelles, 381, 382.
Buck, 405.
Buckau, 271, 348, 349.
Budweiss. *Voir* Pilsen. — (Chemin de fer de) à Gmunden, par Linz, 303.
Buhler (de), 436.
Bukovar (chemin de fer de) à Fiume; projet, 285.
Bunde. *Voir* Emden.
Buntzlau, 313, 314.
Bureau (frais de); chemins de fer allemands, 284, 326, 359, 364, 433, 455.
Burg, 335.
Burgberg, 429.
Bury, 269.

C

Câble en chanvre et en fil de fer; résistance, dépense comparée, 361. — Câble en fil de fer, poids, longueur, dépense, 119, 376.
Caisses d'épargne et de retraite: personnel des chemins de fer allemands, 267, 283, 455.
Canaux:
— Notes par M. Ad. Lamarle, sur les travaux exécutés pour l'alimentation du canal de jonction de la Sambre à l'Oise, 1.—Jaugeage des cours d'eau affluents du bief de partage et dépenses d'eau des biefs, 3.—Machines établies pour élever les eaux, 6. — Calculs relatifs à leur effet utile, 7. —Résultats obtenus pour chaque machine, 25. — Prix de revient du mètre cube d'eau élevé à un mètre, 30. — Volume à élever par machine, 35. — Limite de la circulation avec les ressources alimentaires actuelles, 39. — Comparaison entre deux systèmes d'alimentation: 1° par l'aménagement des cours d'eau supérieurs; 2° par le relèvement artificiel des eaux inférieures, 47. — Résumé, 75. — Appendice. Examen de l'opinion émise par M. de Gayffier sur l'effet utile de la vis d'Archimède établie aux Étoquis, 78.—Tableau des mouvements d'eau du canal, 82.
Cantonniers. *Voir* Auxiliaires, Cassage, Main-d'œuvre. — Formule pour trouver le nombre de cantonniers à employer sur une route, 181.
Capacité de chaudières à vapeur (différence dans les effets des explosions, suivant la), 232, 239.

Carlsruhe, 271, 442. *Voir* Manheim.
Carolinienthal (viaduc de), dépense, 301, 302.
Carton (voitures en), 348.
Cassage. — Nombre de jours que les cantonniers doivent y consacrer par an, 180. — Déchet résultant du cassage, *ibid.*
Cassana, 286.
Cassel (chemin de fer de) :
— à Bamberg, projet, 427.
— sur la Bavière, projet, 424.
— à Brême, projet, 424.
— à Francfort-sur-le-Mein, exécution décrétée, 424.
— à Halle, par Gestungen, projet, 355, 357 ; concession, 425 ; prolongement sur les frontières prussiennes de la Westphalie, près de Liebenau, 425.
— à Hildesheim et Harbourg, projet, 427.
Castel, 452, 453, 456, 457.
Celle. *Voir* Zelle.
Chargements. *Voir* Poids.
Charme : calcul de son élasticité, 256.
Charpentes en fer et en fonte; description; chemins de fer anglais, 103.
Chaudières à vapeur (rapport sur les explosions de) dont il a été rendu compte à l'administration des travaux publics, depuis le 10 juillet 1844, jusqu'au 1er septembre 1845 :
1° Extrait d'un rapport de la commission de surveillance de Lyon sur l'explosion du bateau à vapeur *le Lavaret*, 197.
2° Extrait d'un rapport de la commission de surveillance de Lyon sur l'explosion du bateau à vapeur *le Zéphyr*, 205.
3° Rapport sur l'explosion d'une locomotive du chemin de fer de Saint-Étienne à Lyon, par M. Pigeon, 209.
4° Rapport sur l'explosion d'une des chaudières de la sucrerie de Séclin, par M. Meugy, 216.
5° Extrait d'un rapport de M. Pigeon sur l'explosion d'une des chaudières de l'aciérie de Perrache, 225.
6 Rapports sur l'explosion du bouilleur d'une chaudière, système Beslay, dans l'usine du sieur Biron, à Paris, par M. Combes, 234.
7° Rapport sur la rupture de l'essieu d'une locomotive sur le chemin de fer d'Anzin à Abscon, par M. Comte, 245.
8° Rapport sur l'explosion d'une chaudière dans l'établissement du sieur Dumesnil à Sotteville, par M. de Saint-Léger, 247.
Voir Beslay (système), Bouilleurs, Capacité, Cheminée, Dilatation, Épreuves, Jet, Joint, Mur de défense, Réservoir, Soupapes, Tôle, Tubes, Vapeur.
Chaux et ciments hydrauliques (recherches statistiques, par M. Vicat, sur les gisements des substances calcaires propres à fournir des), 121. — Marne, Aisne et Oise, 122. — Seine-Inférieure, 123. — Seine, *ibid.* — Chaux hydrauliques siliceuses ; résistance des mortiers qui en sont formés, 124.
Cheminées de machines; danger d'y donner issue à la vapeur, 202.
Chemins de fer :
— (Mesures financières). *Voir* Concessions, Dividendes, Emprunts, Financiers (rapports), Garantie, Impôts, Postes.
— (Construction). *Voir* Alimentation, Aqueducs, Asséchement, Ateliers, Ballast, Bâtiments, Courbes, Dépenses, États, Études, Fer, Indemnités de terrains, Murs de soutenement, Outils, Pentes, Plans inclinés, Plaques, Ponts, Rails, Signaux, Stations, Terrains, Terrassements, Tranchées, Travaux d'art, Traversée, Tunnels, Viaducs, Voie.
— (Exploitation). *Voir* Chevaux, Combustible, Éclairage, Entretien, Exploitation, Fréquentation, Législation, Locomotives, Machines, Matériel, Neige, Police, Salaires, Tarifs, Traction, Vitesse, Voitures.
— Résultats économiques de leur établissement : comparaison avec les routes ordinaires, 186.

Chemin de fer atmosphérique :
— de la station d'Altona à l'Elbe, 406.
— (Projet de) pour le passage du Semmring (Autriche) ; pentes, longueur, dépense, 278.
Chemin de fer provisoire. — Prix du mètre cube de terrassement par ce mode de transport, 338 ; sous-détails, 443.
Chemins de fer anglais (observations sur les), par MM. Paul Michelot et Auguste Bousson, 88 :
1° Terrassements et travaux d'art. — Tracés, 89. — Emplacement, 91.—Terrassements, *ibid.*—Assèchement, 92. — Ouvrages d'art, 93. — Ponts obliques, 95. —Traversée des routes, des canaux et des villes, 96.
2° Voie en fer. — Ballast et supports, 97. — Pose sur dés, *ibid.* — Pose sur traverses, 98.— Pose sur longrines, 99. — Préparation des bois, *ibid.* —Rails et coussinets, *ibid.* — Coins, 101. — Aiguilles, *ibid.* — Barrières, *ibid.*
3° Stations — de premier ordre, 102 — de deuxième ordre, 104— de troisième ordre, 105 — de marchandises, *ibid.*
4° Matériel.—Locomotives, 107. — Voitures, 110.
5° Locomotion. — Courbes, 111. — Pentes, 112. — Influence des pentes sur les frais de traction, 114. — Influence des machines sur les frais de traction, 115. — Frais d'exploitation des chemins anglais, 117. — Plans inclinés, 118. — Conditions générales des tracés, 119.
Chemins de fer allemands; statistique par M. Baumgarten, 257. — Renseignements généraux, 258. — Détails sur chaque chemin, 276. *Voir* Autriche, Prusse, etc., et les noms des divers chemins.
Chemin de fer hollandais. *Voir* Amsterdam.
Chemin de fer de Paris à Orléans (détails sur les travaux et les dépenses du), par M. Jullien, 129.—Acquisition de terrains et indemnités accessoires, *ibid.* — Terrassements et ballast, 131. — Ouvrages d'art, 137. — Établissement de la voie, 139. — Constructions diverses, 142.
Chemnitz, 268, 390. — (Chemin de fer de) à Riesa, concession, 398.
Chêne ; calcul de son élasticité, 256.
Chernowitz, 287.
Chevaux (chemins de fer allemands exploités par), 283, 304, 358, 374, 406, 425, 433. — Substitution de la vapeur (Brunswick-Harzburg), 411, 413. *Voir* Traction.
Chevilles (pour rails); en bois, 100, 430, 432. — en fer, 100, 308, 430, 431, 453. — en fonte, 378. — à crochet, 270, 420, 450. — Dépense, 353, 443, 453, 455. — Nombre, 445.
Chlorure de mercure ; conservation des bois, 445.
Choc sur les chemins de fer. — Cause de rupture d'un essieu de locomotive, 246. — *Idem* de détérioration de roues en fonte, 247.
Cilly, 278, 280.
Ciment anglais. — Prix en Prusse, 341.
Clôtures.—Chemins de fer anglais, 101. — *Idem* prussiens, 260. — Chemin de fer d'Orléans (dépense), 144. — Chemins allemands (dépense en bloc), 308, 323, 329, 371, 419, 438, 442, 453 ; (dépense par kilomètre), 273 ; (dépense par mètre courant), 444.
Coblentz. *Voir* Cologne.
Cobourg. *Voir* Bamberg.
Cœthen (chemin de fer) :—à Berlin, 271, 272 ; travaux, 336; exploitation, 341 — à Magdebourg, 352 — à Bernburg, projet, 401.
Coins — Chemins de fer anglais, 101. —*Idem* allemands (description), 270, 338, 360, 378, 429, 454; (prix de revient), 331, 338, 370.— Chemin de Paris à Orléans (prix de revient), 140.
— en fer, 298, 331, 360. — Sont placés de préférence à l'intérieur, 454.
Coke. *Voir* Combustible. — Prix de

revient, 321, 325, 335, 344, 349, 362, 380, 391, 403. — Poids de divers cokes, 391.
Cokerill, 363.
Cologne (chemin de fer de):
— à Aix-la-Chapelle et en Belgique (chemin Rhénan), 271, 272; travaux, 372; exploitation, 378; embranchement sur Maestricht, projet, 382.
— à Amsterdam, embranchement du chemin de Minden, projet, 385.
— à Bonn, travaux, 370; exploitation, 372; prolongement sur Coblentz, projet, 372.
— à Dusseldorf, 367; travaux, 368.
— à Erefeld, projet, 385.
— à Lennep et à Bormen, projet, 367.
— à Minden, travaux, 367; embranchement sur Munster, par Hamm, concession, 369; prolongement de cet embranchement jusqu'à la mer, à Emden, projet, 369.
Colonnes en fonte (ponts avec), 94, 96.
Combes, 231. Rapport sur l'explosion d'un bouilleur de chaudière dans l'établissement du sieur Biron, satineur de papier à Paris, 234.
Combustible. — Consommation sur les chemins de fer allemands. Dépense en bloc, 284, 294, 334, 349, 362, 379, 433. — Dépense par kilomètre parcouru, 296, 311, 317, 321, 365, 448, 458, tableau n° 4, colonne 9. — Dépense pour 100, 413. — Quantité brûlée, en bloc (bois, coke, charbon, tourteaux), 294, 331; (bois), 317, 321, 433; (coke), 362, 380, 433, 455. — Quantité brûlée par kilomètre parcouru (bois, coke, tourteaux, charbon), 294; (bois), 284, 310, 311, 321, 335, 344; (coke), 293, 295, 321, 325, 344, 350, 364, 380, 391, 395, 403, 407, 414, 448, 455; récapitulation, 458, tableau n° 4, colonne 15, 16, 17. — Quantité brûlée par voyage (coke), 363. — Quantité brûlée par tonne transportée (coke), 364. — Chauffage au bois comparé au chauffage au coke, 293, 332, 335, 413; tableau d'expériences, 295. — Primes aux chauffeurs, 325, 351. — Transformation de la houille en coke, volume, dépense, poids, 344, 347, 349, 362. — Rapport du coke au bois, au charbon et aux tourteaux, en volume et en poids, 293, 295. — Différence dans la quantité consommée par diverses machines, 363. — Chauffage avec de la tourbe, essai, 413. — Appareil de Klein contre les flammèches, 293, 413.
Commission pour le tracé et l'administration des chemins de fer. Hanovre, 419. — Wurtemberg, 437.
Comoy, 42, 460.
Comte. Rapport sur la rupture d'un essieu de locomotive sur le chemin de fer d'Anzin à Abscon, 245.
Concessions de chemins de fer aux compagnies, clauses et conditions auxquelles elles sont faites: en Autriche, 258, 279, 299 — en Prusse, 259 — en Bavière, 263 — en Danemark, 263 — à Cracovie, 318.
— Longueur des lignes concédées dans toute l'Allemagne, 265.
Concurrence; établissement de lignes parallèles de chemins de fer: — Autriche, 258. — Prusse, 261. — Exploitation simultanée d'une même ligne par différents concessionnaires en Prusse, 260.
Conduite de travaux (chemins de fer allemands); dépense par kilomètre, 273, 279, 331.
Constance (lac de); jonction par chemin de fer avec Augsbourg, 427.
Construction de chemins de fer. *Voir* Bâtiments, Dépenses, Terrassements, Voie, etc.
Contre-fossés. — Chemins de fer allemands, 298, 359.
Contre-pentes. — Chemins de fer autrichiens, 281.
Contre-rails. — Prix de revient, 142.
Cordier, 7.
Courbe élastique (propriété de la), 252.

Courbes. — Chemins de fer anglais, 111. — Autrichiens, 278, 280, 281, 287, 290, 297, 299, 301. — Prussiens, 307, 313, 314, 318, 320, 321, 324, 327, 331, 338, 348, 354, 357, 360, 366, 369, 372, 376, 383, 384. — Saxons, 389, 393, 397, 399. — Danois, 405, 408, 410. — Hambourgeois, 403. — de Brunswick, 412, 416, 417. — Hanovriens, 420, 422. — Bavarois, 429, 434, 435. — Wurtembergeois, 436. — Badois, 444, 450. — du Taunus, 453. — Rayon minimum, par chemin, 458, tableau n° 1, colonne 16.
Coussinets. — Chemins de fer anglais, 99. — *Id.* allemands (description), 270, 285, 290, 298, 403, 430, 431, 432, 435, 454; (prix de revient), 331, 338, 353, 360, 370, 378, 453, 455. — Chemin de Paris à Orléans (prix de revient), 140.
Cracovie (chemin de fer de) à Berlin, concession, 318.
Crinier, 150, 177.
Cubitt, 98.
Cuivre (réservoir de vapeur en); défaut d'épaisseur; explosion, 213.
Culmbach, 428, 429, 430.

D

Danemark (chemins de fer de). — Concessions; clauses et conditions, 263. — Leur état en 1844, 405. — Jonction avec la Prusse, 329. *Voir* Altona, Flensburg.
Darmstadt (chemin de fer de) à Francfort-sur-le-Mein et à Manheim, travaux, 449.
Déchet. *Voir* Cassage.
Denis, 431.
Dépenses d'établissement de chemins de fer:
— pour locomotives ou pour chevaux, 428.
— Paris à Orléans, 129. — L'ensemble des chemins allemands, 267. — Chaque chemin allemand, 291, 297, 302, 303, 304, 306, 308, 314, 315, 319, 323, 327, 328, 329, 330, 335, 336, 346, 347, 358, 359, 368 à 370, 374, 383, 385, 393, 396, 398, 399, 400, 402, 406, 408, 409, 410, 412, 416, 417, 419, 421, 422, 428, 429, 432, 435, 436, 438, 441, 450, 453. — Dépense par kilomètre en Allemagne, 265, 277, 280, 287, 318, 319, 322, 323, 327, 331, 336, 359, 367, 369, 375, 382, 385, 402, 406, 408, 412, 419, 421, 422, 428, 429, 432, 435, 439, 442, 452, 458, tableau n° 1, colonne 5.
Dés. — Chemins de fer anglais, 97. — allemands, 430, 432, 445, 447, 453, 454. — Perforage, prix, 454. — Chocs résultant de ce système, 246.
Dessau, 336, 338.
Détente (locomotives à) fixe et à détente variable; leur emploi sur les chemins de fer allemands, 269, 299, 325, 341, 348, 351, 362, 414. — *Idem* anglais, 108, 109.
Détritus. — (Calcul de l'usure des chaussées par le volume et le poids du), 159 à 168. — Temps nécessaire pour son enlèvement. *Voir* Main-d'œuvre. — Rapport entre le poids d'un mètre cube de détritus et le poids d'un mètre cube de pierre cassée, 188, 192. — Densité comparée de la boue et de la poussière, 190.
Deutz, 368.
Deux-Ponts. *Voir* Ludwigshafen.
Dilatation (explosions de chaudières à vapeur provenant de la différence de) des diverses pièces de l'appareil, 238.
Dinglingen, 442. *Voir* Manheim.
Dirschau, 328.
Dividendes (chemins de fer allemands), 284, 294, 310, 333, 342, 350, 364, 390, 433, 434, 455.
Dommage. *Voir* Guerre.
Donauworth, 428, 429, 430.
Dortmund, 368, 369. *Voir* Elberfeld.
Dourlach, 442.
Driesen, 328.
Dresde (chemin de fer de):
— sur la Prusse: à Breslau, 313; travaux, 396. *Voir* Zwittau; à Berlin, par Leipzig et Cœthen, 336, 346, 386; à Berlin, par Riesa et Interbock, concession, 336.
— à Leipzig, 267, 271, 272; travaux, 386; exploitation, 390; embran-

Dresde (chemin de fer de) (*suite*): chement de Riesa à Chemnitz, concession, 398.
— à Prague, travaux, 301, 397.
Ducros, 276, 285, 297, 301, 303, 304.
Dugué, 167.
Duisburg, 368. *Voir* Arnheim.
Dumas, 167, 178.
Dumesnil (rapport sur l'explosion d'une chaudière à vapeur appartenant au sieur), 247.
Dupuit, 459. — Examen de son écrit sur les frais d'entretien des routes en empierrement, 146, 147, 151, 153, 159, 164, 168, 174, 177, 178, 186.
Duren, 373, 374.
Durenberg (chemin de fer de) à Leipzig, projet, 400.
Durlach, 451.
Dusseldorf, 372 (chemin de fer de):
— à Elberfeld, 271; travaux, 357; exploitation, 362.
— à Cologne, travaux, 368.
— à Sittard, projet, 385.
Dynamique. *Voir* Jet, Vapeur.

E

Eau. *Voir* Asséchement, Filtration, Perte, Pluie.
Eckenweiher, 451.
Eckernfœrde. *Voir* Schleswig.
Éclairage (chemin de fer); dépense, 309, 326, 349, 364, 433, 455.
Ehrenbreitenstein. *Voir* Francfort-sur-le-Mein.
Eisenach, 356, 424, 425.
Élasticité du bois; expériences, 252.
Elberfeld. *Voir* Dusseldorf. — (Chemin de fer d') à Dortmund, sur le chemin de Cologne à Minden, concession, 368.
Elbing, 328.
Elmshorn, 407.
Eltmann, 430.
Emden (chemin de fer d'): — à Munster, projet, 369, 423; — à Osnabruck et à Bunde, projet, 423.
Emmendingen, 442.
Emmery, 175.
Emploi de matériaux; temps qu'il nécessite. *Voir* Main-d'œuvre.
Emprunts (chemins de fer allemands), 264, 283, 374, 403, 408, 418, 424, 425, 429, 431, 437, 440, 452. *Voir* Intérêts.
Entretien des chemins de fer allemands (frais d'). — Dépense en bloc, 284, 296, 309, 326, 332, 342, 349, 354, 362, 363, 379, 390, 395, 403, 433, 448, 455. — Dépense par kilomètre de longueur, 279, 458, tableau n° 4, colonne 18. — Dépense par kilomètre parcouru, 296, 334, 350, 379; récapitulation, 458, tableau n° 4, colonne 4, 5, 6, 7. — Dépense pour cent, 362.
Entretien (frais d') des routes en empierrement. — Formules servant à déterminer les dépenses de main-d'œuvre, 181. — *Id.* la dépense totale d'entretien, 183. — Modèle de tableau pour l'établissement d'un budget normal d'entretien, 184.
Épaisseur de chaussées en empierrement; comment peut servir à déterminer l'usure, 153, 158; expériences, 154.
Épreuves de chaudières à vapeur — périodiques, leur utilité, 204, 205; — doivent être renouvelées après les réparations et les changements apportés aux machines, 200, 204, 214, 237. — Explosions de chaudières non éprouvées, 224, 251.
Erefeld (chemin de fer d') à Aix-la-Chapelle et à Ruhrort, projet, 385; — à Cologne, projet, 385.
Erft, 374.
Erfurt, 356.
Erkner, 308, 312.
Erkrath, 358, 366 — (Plan incliné d'), 360.
Erz (chemin de fer de l'), travaux, 398.
Eschwiller, 373, 375.
Essieu de locomotive (rupture d'un) sur le chemin de fer d'Anzin à Abscon; rapport, 245. — Essieux droits et coudés (chemins de fer anglais), 108.
Esslingen, 437. *Voir* Stuttgard.
États:
— (Lignes des chemins de fer exécutées par les). — Allemagne, 264, 265, 398, 424, 439, 449. — Hollande, 382.

États (*suite*) :
— (Lignes exploitées par les), 411, 416, 441. *Voir* Financiers (rapports).
Ettlingen, 442.
Études (frais d'), de nivellements et d'organisation de sociétés (chemins de fer allemands), 319, 323, 331, 336, 347, 370, 374, 441, 453 ; — par kilomètre, 271, 458, tableau n° 1, colonne 12.
Etzel, 438.
Excentrique, prix de revient, 444.
Expériences :
— Remonte de plans inclinés au moyen de locomotives, 361, 413.
— Usure des routes en empierrement (détermination de l'), par l'épaisseur des chaussées, 153 ; par le poids du détritus, 159.
— Élasticité du bois, 252.
— Résistance des mortiers à chaux hydraulique siliceuse, 126.
Exploitation. *Voir* Fréquentation, Salaires.
— (Chemins de fer en) : Autriche, 276, 278, 283, 286, 291, 299, 304. — Prusse, 306, 313, 320, 323, 330, 336, 346, 358, 370. — Saxe, 386, 393, 397. — Hambourg, 402. — Danois, 405, 408. — Brunswick, 411, 416. — Hanovre, 419. — Bavière, 429, 431. — Bade, 440. — Francfort, 452. — Résumé : désignation et longueur des chemins en exploitation, date de la mise en exploitation, 458, tableau n° 1, colonnes 1, 2 et 3.
— (Frais d'). — Chemins de fer anglais, 117. — Chemins de fer allemands (dépense en bloc), 284, 294, 320, 325, 332, 342, 349, 362, 378, 390, 395, 403, 415, 417, 420, 433, 448 ; récapitulation, 458, tableau n° 3, colonne 26 (dépense par kilomètre de chemin), 279, 299 ; (dépense par kilomètre parcouru), 296, 310, 335 ; récapitulation, 458, tableau n° 4, colonnes 4, 5, 6 et 7 ; (dépense pour 100), 362 ; (dépense par tonne et par kilomètre), 310, 345 ; (recette par tonne et par kilomètre), 345, 365, 381 ; (dépense par voyageur et par kilomètre), 310, 344 ; (recette par voyageur et par kilomètre), 344, 365, 381, 391, 395 ; (recettes pour les voyageurs, pour les marchandises et totales), 458, tableau n° 3, colonnes 23, 24 et 25 ; (rapport entre les dépenses et les recettes), même tableau, colonne 27.
Exploitation des chemins de fer par la vapeur et par les chevaux, comparaison, 433.
Exploitation (bail d') du chemin de fer d'Olmutz à Prague ; clauses et conditions, 299. — *Idem* du chemin de fer de Murzzuschlag à Gratz (ligne de Venise à Trieste), 279. — Chemins de fer allemands exploités par les états, 411, 416, 418, 437, 441.
Expropriation. *Voir* Indemnités.
Extraction de pierre (dépenses d'), 297, 298 — à la poudre, 134 — à la pince, *ibid.*

F

Fatigue des routes en empierrement. *Voir* Roulage, Usure.
Fehrbellin, 329.
Fer :
— Quantité présumée à employer pour l'ensemble des chemins de fer allemands, 265. — Quantité employée sur les chemins de fer : de Paris à Orléans ; dépenses, 140. — allemands, 279, 282, 331, 389, 431 ; dépenses, 389.
— Propriétés magnétiques des rails, 454. — Rails retournés ; cassent, *ibid.*
— *Voir* Charpente.
Ferdinand (chemin de fer de l'Empereur), 271, 272 ; détails d'exécution, 286. — *Idem* d'exploitation, *ibid.* — Jonction avec les chemins de fer prussiens, 315, 321.
Fermes. *Voir* Charpente.
Feutre goudronné ; jonction des rails, 447 ; dépense, 453.
Fichtelgebirge (montagnes du) ; chemin de fer d'Augsbourg à Leipzig, 427, 428.
Filtrations (canal de la Sambre à l'Oise), 42, 44.

Financiers (rapports) de l'état avec les compagnies de chemins de fer. — Autriche, 279, 299. — Prusse, 262, 314, 315, 321, 356, 367, 368, 369, 373. — Danemark, 263. — Hesse, 425. — Cracovie, 318. — Hollande, emprunt pour l'exécution d'un chemin de fer par l'état, 383.—Saxe, 393, 396, 399, 400. — Anhalt, 401. — Hanovre; exploitation par l'état; mesures financières, 418. *Voir* Rachat.
Fiume (chemin de fer de Bukovar à); projet, 285.
Flensburg (chemin de fer de):
— à Apenrade, projet, 409; prolongement sur Hadersleben et Aarœsund, projet, *ibid.*
— à Husum et Tœnning, concession, *ibid.*
— à Rendsburg, projet, 408.
— à Sondersburg, projet, 409.
Flexion. *Voir* Élasticité.
Fondations — par caissons : pont sur l'Elbe, 340; — sur pilots, 384.
Fonte — (Coussinets en); prix, 140; poids, 431. — (Rails en), 304. — (Chevilles en), 378. — (Plaques en) pour rails; prix, 444; superposition de feutre, 447. — (Ponts en), 94, 95, 96, 137, 138, 384. — (Colonnes en), pont, 324. — (Charpentes en), 103.
Forster (Louis), 257, 291.
Fortifications; leurs rapports avec les chemins de fer, en Allemagne, 325, 346, 368, 370, 453.
Fossés. *Voir* Main-d'œuvre. — Chemins de fer anglais, 92.
France. — Chemin de fer jonction avec la Bavière, 385, 435.
Francfort-sur-le-Mein (chemin de fer de):
— à Bamberg, études, 430.
— à Cassel, exécution décrétée, 424.
— à Hanau, concession, 426.
— à Manheim, par Darmstadt, travaux, 449.
— à Offenbach, concession, 458.
— à Wiesbaden, 268, 272; dépenses d'établissement; détails d'exécution et d'exploitation, etc., 452. — Embranchement sur Biebrich, 452. — *Idem* de Hochst aux bains de Soden; exploitation par chevaux, *ibid.* — Prolongement sur Ehrenbreitenstein, études, 458.
Francfort-sur-l'Oder (chemin de fer de):
— à Berlin, 271, 272; travaux, 306; exploitation, 309.
— à Breslau, travaux, 262, 313; prolongement jusqu'à Dresde, travaux, 396.
— Station de Francfort, 307; dépense d'établissement, 308.
Franckenstein, 322.
Frankenthal. *Voir* Ludwigshafen.
Freiburg (grand-duché de Bade), 442. *Voir* Manheim.
Freiburg (chemin de fer de) à Breslau, travaux et exploitation, 318. *Voir* Leignitz.
Freins. — Chemins de fer allemands, 348, 414.
Fréquentation des chemins de fer allemands, 266. — Nombre de voyageurs et de tonnes transportés (Autriche), 280, 285, 291, 303, 305; (Prusse), 309, 317, 326, 332, 342, 344, 350, 354, 359, 365, 372, 380, 381; (Saxe), 392, 395; (Hambourg), 403, 404; (Danemark), 407; (Brunswick), 415, 417; (Hanovre), 420; (Bavière), 430, 433; (Bade), 448, 449; (Francfort), 455; récapitulation, 458, tableau n° 3, colonnes 3 et 13. — Nombre de voyageurs et de tonnes transportés à un kilomètre, 312, 317, 343, 344, 351, 365, 381, 391, 392, 395, 448, 449. — Répartition des voyageurs dans les différentes classes, 285, 291, 312, 317, 326, 332, 342, 350, 354, 365, 380, 381, 391, 395, 403, 415, 420, 421, 433, 449, 455; récapitulation, 458, tableau n° 3, colonnes 4, 5, 6, 7. — Longueur moyenne parcourue par chaque voyageur, 344, 351, 355, 365; récapitulation, 458, tableau n° 3, colonne 11 — par machine, 364. — Nombre de voyageurs par waggon, 448. — Rapport entre le parcours total et le parcours partiel, 292, 312, 344, 351, 355, 365, 421, 455, 458, tableau n° 3, colonnes 9, 10, 11.

12, 15, 16, 17, 18. — Nombre de voyages et nature des convois, 284, 293, 294, 303, 305, 334, 335, 343, 345, 351, 364, 366, 372, 381, 392, 403, 407, 415, 420, 421, 433, 447, 449, 455, 456; récapitulation, 458, tableau n° 3, colonnes 19, 20. — Poids des convois, 343, 448. — Rapport entre le poids brut et le poids utile, *ibid.* — Nombre de kilomètres parcourus, 284, 293, 294, 310, 317, 321, 325, 334, 343, 344, 350, 351, 354, 364, 365, 379, 380, 391, 395, 403, 420, 421, 448, 455 — par les voyageurs, 458, tableau n° 3, colonne 8 — par les marchandises, même tableau, colonne 14 — par les convois, tableau n° 3, colonnes 21 et 22, et tableau n° 4, colonne 3.
Fréquentation des routes en empierrement. *Voir* Fatigue, Roulage, Usure.
Friedrichsfeld, 450.
Friedrichshafen. *Voir* Stuttgard.
Furstenwald, 308, 312, 313.
Furth. *Voir* Nuremberg.

G

Gache, 198.
Garantie d'intérêts (chemins de fer allemands), 262, 314, 356, 367, 368, 383, 393, 396, 400, 401, 426, 434, 437.
Gardes (maisons de); chemins de fer; dépense d'établissement, 308, 330, 375, 419, 444.
Gares. *Voir* Stations. — Dépenses d'établissement (chemins de fer d'Orléans), 142; (chemin de fer allemands), 308. — Surface (chemins de fer allemands), 271, 299.
Garnier. Expériences et observations sur les frais d'entretien des routes en empierrement, et principalement sur l'usure des chaussées, 146.
Gassen, 313.
Gayffier (de), 7, 43, 78.
Gazonnements (terrassements des chemins de fer allemands), 272, 337. — *Id.* anglais, 91. — Chemin de fer d'Orléans, dépenses, 144.
Gelsenkirchen, 368.
Gemunden, 430.
Genthin, 335.
Gestungen. *Voir* Halle.
Ghegha, 276, 278, 281.
Glace (waggon à briser la); chemins de fer prussiens, 261.
Glasbach (chemin de fer d'Aix-la-Chapelle à Ruhrort, par), projet, 385.
Gleiwitz, 315.
Glogau (chemin de fer de) — à Breslau et à Berlin, concession, 318. — à Leignitz, projet, 316 — à Posen, projet, 328.
Glognitz (chemin de fer de Vienne à), 271, 272, 273, état en 1844, 281.
Gluckstadt. *Voir* Altona. — (Chemin de fer de) à Heide, projet, 410.
Gmunden, 430. *Voir* Budweiss.
Gœnserndorf, 290. — (Chemin de fer de Pesth à), 286, 287.
Gondriaan, 384.
Gorlitz (chemin de fer de) à Dresde, 396 — à Breslau, 313, 314.
Gotha, 356.
Gottingen. *Voir* Hildesheim.
Grabow, 329.
Gratz (chemin de fer de) à Murzzuschlag, travaux et exploitation, 278.
Green, 95.
Greifswald, 329.
Grimmen (chemin de fer de) à Greifswald, projet, 329.
Grues hydrauliques. — Chemin de fer d'Orléans, 144. — Chemins de fer allemands, prix la pièce, 444 — en bloc, 453.
Guben, 313; (chemin de fer de) à Riesa, embranchement du chemin de fer de Leipzig à Dresde, études, 322.
Guerre:
— (Dommage de); responsabilité; chemins de fer allemands, 260, 264, 426, 435.
— (Administration de la). — Ses rapports avec les concessionnaires de chemin de fer en Autriche, 259 — en Danemark, 263.
Gueule (viaduc de); description, dépense, 375.
Guibert, 198.

H

Habillement. *Voir* Uniforme.

Hadersleben. *Voir* Flensburg.
Hagen. Résumé d'un mémoire sur l'élasticité du bois, 252.
Hagenow. *Voir* Schewerin.
Halbau, 313.
Halbertstadt, 271. *Voir* Magdebourg, Oschersleben.
Halle, 271 (chemin de fer de) :
— à Berlin, 345.
— à Gestungen, 271, par Weimar et Gotha, concession, 355; prolongement sur Cassel ou sur Bamberg, études, 357, 401; concession du prolongement sur Cassel et sur la frontière prussienne, près de Liebenau, 425; embranchement de Durenberg à Leipzig, projet, 400.
— à Magdebourg, 352.
Hallette, 245.
Hambourg, 271. — Monnaies, conversion, 275. — (Chemin de fer de) à Bergedorf, 271, 272; exploitation, travaux, 402. — Prolongement jusqu'à Berlin, projet, 329.
Hamm, 368; (chemin de fer de) à Munster, 369; prolongement jusqu'à la mer à Emden, projet, 369.
Hammerbrook, 403.
Hanau. *Voir* Francfort.
Hangelsberg, 308.
Hanovre. — État des chemins de fer en 1844, 418. — Jonction avec la Prusse, 352, 369, 416, 423 — avec le Brunswick, 352, 416. — *Voir* Emden, Hildesheim.
Hanovre (chemin de fer de) :
— à Brême, projet, exécution partielle, 422.
— à Brunswick, travaux et exploitation, 416, 419.
— à Minden, projet, 422.
Harbourg. *Voir* Hildesheim.
Harzburg (chemin de fer de), 319. *Voir* Brunswick.
Hausemann, 368.
Hawthorn, 107.
Heide. *Voir* Gluckstadt.
Heidelberg, 442, 450. *Voir* Manheim.
Heilbronn. *Voir* Stuttgard.
Heimann, 376.
Henz, 373.
Herbesthal, 382.
Hesse-Darmstadt (chemins de fer de). — Longueur des lignes exécutées par l'état, 264. — Jonction avec la Bavière, 435. — *Idem* avec le grand-duché de Bade, 449 — avec Francfort, 449, 458.
Hesse-Électorale. — État des chemins de fer en 1844, 413. — Jonction avec la Prusse et la Saxe, 355, 424. — *Idem* avec la Bavière, 401. — avec Francfort, 424, 426.
Hêtre; calcul de son élasticité, 256.
Hildburghausen. *Voir* Bamberg.
Hildesheim, 416, 418; (chemin de fer de) à Harbourg, par Lehrte, Zelle et Lunebourg, travaux, 421; prolongement sur Gottingen et Cassel, 422.
Hochdalh, 360, 366.
Hochst, 452, 453, 456.
Hof, 393; (station de), 427.
Hollande (chemin de fer de) en Allemagne; travaux, exploitation, 382, 383.
Hombourg (Bavière rhénane), 434. *Voir* Ludwigshafen.
Hongrie (chemins de fer de), 282, 285.
Husum. *Voir* Flensburg.

I

Impôt. — Chemins de fer prussiens, 260, 323, 326, 364.
Impressions (chemins de fer allemands); dépense, 326, 364, 455.
Indemnités de terrains. — Chemins de fer allemands, 308, 319, 323, 329, 330, 336, 347, 353, 371, 375, 383, 387, 402, 406, 419, 431, 438, 441, 453. — Dépense par kilomètre, 458, tableau n° 1, colonne 6. — Chemin de fer de Paris à Orléans, 129. — Indemnités de dommages (même chemin), 129. — Prix moyen de l'hectare de terrain sur différents points de la ligne, 130. — Prix de l'hectare sur divers chemins allemands, 271, 308, 347, 442.
Interbock, 336, 345. *Voir* Dresde.
Intérêts (chemins de fer allemands), 284, 291, 294, 309, 319, 323, 326, 329, 331, 341, 342, 347, 350, 353, 359, 362, 363, 364, 371,

374, 383, 390, 399, 403, 433, 440, 455. *Voir* Garantie.
Italie (chemins de fer d'). *Voir* Trieste, Venise.
Itzehoe, 410.

J

Jacobi, 363.
Jantes. Influence de leur largeur sur la fatigue des routes, 170.
Jauernick, 319.
Jet (calcul de l'amplitude du) d'un projectile, 213.
Joints de chaudières à vapeur; explosion résultant de leur faiblesse, 204, 208.
Jullien, 459. — Détails sur les travaux et les dépenses du chemin de fer de Paris à Orléans, 129.

K

Kaiserslautern, 434.
Kampen, 422.
Kanstadt, 436, 437. *Voir* Stuttgard.
Karlshafen (chemin de fer de) s'embranchant sur la ligne de Cassel à Gestungen, concession, 425.
Kaufbeuren, 429.
Kehl, 442. *Voir* Manheim.
Kenzingen, 442.
Kessler, 447.
Kiel. *Voir* Altona, Schleswig.
Klein, 438 (appareil de), 293, 413.
Kœnigsberg (chemin de fer de) à Berlin, tracé, 328.
Kœnigsdorf (tunnel de), dépense, 375.
Kœnigstien, 398.
Kœsen, 356.
Kohlfurt, 313, 314.
Kopenick, 308, 312.
Kosel (chemin de fer de) sur le chemin de fer autrichien du Nord: 1re direction, sur Neu-Berun, travaux, 315; 2e direction, sur Oderberg, travaux, 321.
Kotzen (tunnel de), 298.
Kralup, 301.
Krempe, 410.
Kreuzburg, 328.
Krimmitzschau, 393, 394, 395.
Krippen, 398.
Krotzingen, 442.
Kustrin, 328.

L

Lalanne, 303. — Communication d'un mémoire de M. Hagen, sur l'élasticité du bois, 252.
Lamarle (Ad.). Notes sur les travaux exécutés pour l'alimentation du canal de jonction de la Sambre à l'Oise, 1.
Landskron, 299.
Langenbrucken, 442.
Lauterbourg. *Voir* Ludwigshafen.
Lavaret (rapport sur l'explosion du bateau à vapeur *le*), 197, 232.
Laxenburg. *Voir* Moedling.
Laybach, 278, 280.
Lecointe (Alfred), 257.
Leer, 423.
Législation allemande sur les chemins de fer, 258, 418, 436, 441.
Lehrte, 419, 420, 421.
Leignitz, 313. *Voir* Glogau. — (Chemin de fer de) à Freiburg, projet, 322.
Leipnick, 286, 288, 291, 292.
Leipzig, 271 (chemin de fer de):
— à Berlin par Cœthen, 336, 345, 346.
— à Dresde, 270, 272, 322; travaux, 386; exploitation, 390; embranchement de l'Erz, de Riesa à Chemnitz, concession, 398.
— à Durenberg, sur le chemin de Halle à Weimar, projet, 400.
— aux frontières bavaroises, par Altenbourg et Plauen, 271; travaux, 393; exploitation, 395. *Voir* Augsbourg.
— à Hanovre, temps du parcours, 245.
Lemasson, 174.
Lemberg, 287.
Lennep. *Voir* Bohwinkel, Cologne.
Leopoldshohe, 441.
L'Éveillé, 460.
Lichtenfels, 429.
Liebenau, 426.
Liége, 373, 374, 382.
Lindau. *Voir* Augsbourg.
Lingen, 423.
Linz, 430. *Voir* Budweiss.
Lippborg, 368.
Lippstadt, 368, 425.
List, 386.
Lobau, 313, 396, 397 (chemin de

fer de) à Zwittau, concession, 399.
Locomotion. — Chemins de fer anglais, 111.
Locomotives. — Nombre présumé sur l'ensemble des chemins de fer allemands, 265. — Nouveau système à quatre roues motrices exerçant une pression égale sur les rails, 279. — Registre adapté au cendrier, 351. — Remonte d'un plan incliné de $0^{m}.0333$, 361. — *Idem* de $0^{m}.0217$, expériences, 411, 413.
— Nombre moyen de voitures remorquées par machine, 364, 395, 448. — Chemins de fer anglais, détails sur leur construction, 107. — Chemins de fer allemands; nombre, provenance, force, prix, 268. — Chemins de fer autrichiens, 278, 279, 299 — prussiens, 307, 308, 316, 320, 341, 362, 371, 384 — de Hambourg, 403 — bavarois, 431 — badois, 438, 447. — Nombre sur divers chemins allemands, 458, tableau n° 1, colonne 17. — Frais de réparation, tableau n° 4, colonne 12.
— *Voir* Chaudières, Combustible, Détente, Essieu, Matériel.
Lohr, 430.
Longrines. — Chemins de fer anglais, 97, 99. — *Idem* allemands, 282, 304, 307, 348, 354, 360, 384, 412, 445, 447.
Longueur de chemins de fer : — de Paris à Orléans, 135 — exécutés, en construction, ou projetés dans les divers états de l'Allemagne, 264, 265, 266.
Louis (canal), 429.
Lowenich, 374, 378.
Ludwigsbourg, 437. *Voir* Stuttgard.
Ludwigshafen (chemin de fer de) à Bexbach ou du Palatinat, travaux, 434. — Embranchement de Hombourg à Deux-Ponts, projet, 435. — *Id.* de Spire à Lauterbourg, projet, 435. — *Id.* de Ludwigshafen, par Frankenthal, vers la Hesse rhénane, projet, 435. *Voir* Bexbach.
Ludwigslust, 329.
Lukkau, 297.
Lundenbourg, 285, 300.
Lunebourg. *Voir* Hildesheim.

M

Machines à vapeur :
— pour élever les eaux destinées à l'alimentation du canal de la Sambre à l'Oise, 6. *Voir* Vis d'Archimède. — Quantité d'action qu'elles peuvent produire, 15. — Dépense de combustible, 35. — Effet utile de diverses machines, 29. — Comparaison de ce système d'alimentation avec le système de l'aménagement des cours d'eau supérieurs, 47.
— sur les chemins de fer, leur influence sur les frais de traction, 114, 351, 363. — Dépenses pour alimentation (chemin de fer d'Orléans), 144; (chemins de fer allemands), 311.
— fixes pour la remonte des plans inclinés, 375, 399, 406. — (Chemin de fer de Dusseldorf à Elberfeld; dépense), 361 — (de Bohwinkel à Steele), 367. — (Chemin Rhénan), 376.
Maçonnerie. — Cube sur les chemins de fer allemands, 279, 298, 347.
Maestricht (chemin de fer de) à Aix-la-Chapelle, projet, 382.
Magdebourg (chemin de fer de) :
— à Berlin par Potsdam, concession, 330; par Cœthen, 336, 345, 346.
— à Halberstadt et vers Brunswick, 271; travaux, 352; exploitation, 354; prolongement sur Minden, travaux, 416, 419, 422. *Voir* Minden.
— à Leipzig, 267, 271, 272; travaux, 346; exploitation, 349. *Voir* Halle.
Magnétisme. — Propriétés magnétiques des rails, 354.
Main-d'œuvre :
— (Terrassements des chemins de fer allemands). — Nombre d'ouvriers et quantité de travail effectué, 279, 323. — Prix de la main-d'œuvre, 359, 389.

Main-d'œuvre (*suite*) :
— (Routes en empierrement; entretien). — Temps employé par mètre cube de matériaux (emploi et enlèvement en détritus) pour divers systèmes d'entretien, 173 à 181. — Rapport entre la dépense de main-d'œuvre relative aux accotements, fossés et talus, et celle relative à l'enlèvement des détritus et à l'emploi des matériaux, 173. *Voir* Auxiliaires, Cantonniers, Cassage.
Manheim, 434 (chemin de fer de) :
— à la frontière de la Suisse, par Heidelberg, Carlsruhe, Rastadt, Offenbourg, Dinglingen et Freiburg, 271; travaux, 440; exploitation partielle, 447; embranchement sur Kehl, travaux, 440, 441, 443; *idem* sur les bains de Bade, travaux, 441; *idem* sur le Wurtemberg, projet, 451.
— à Francfort, par Darmstadt, travaux, 449.
Marbourg (Autriche), 278. — (Hesse), 424.
Marchandises (transport des) sur les chemins de fer allemands, location de voitures entières, 268. *Voir* Fréquentation.
Marghera, 286.
Marienburg, 328.
Martiensen, 447.
Matériaux. *Voir* Cassage, Main-d'œuvre. — Leur qualité n'a pas de rapport avec leur poids, 194. — Rapport entre l'usure des chaussées et la nature des matériaux, 195.
Matériel employé sur les chemins de fer allemands, 280, 299, 303, 304, 316, 320, 321, 325, 332, 348, 354, 362, 384, 389, 395, 407, 412, 416, 420, 430, 432, 438, 447, 450, 454; nombre des locomotives, voitures de voyageurs, waggons de marchandises et autres, par chemin, 458, tableau n° 1, colonnes 17, 18, 19.
— Frais d'acquisition, 303, 304, 308, 319, 320, 323, 329, 331, 336, 341, 347, 353, 364, 371, 374, 387, 402, 406, 420, 431, 441, 453. — Frais d'acquisition par kilomètre, 458, tableau n° 1, colonne 11.
— (Chemins de fer hollandais), 383.
— Frais d'entretien, 284, 295, 310, 317, 325, 326, 334, 343, 349, 350, 362, 365, 379, 391, 395, 448, 455; récapitulation, 458, tableau n° 4, colonnes 12, 13, 14.
Mausleinsmuhle, 429.
Mayence, 435.
Mechterstedt, 356.
Mecklembourg (chemins de fer du), 329, 330.
Médailles (distribution des) pour 1844, 459.
Mehlsack, 328.
Meinungen, 401.
Meldorf, 410.
Mercure. *Voir* Chlorure.
Merseburg, 356.
Mesures allemandes; conversion, 254, 273.
Metz (chemin de fer de) à Saarbruck et prolongement jusqu'à Bexbach, 385.
Meugy. Rapport sur l'explosion d'une chaudière à vapeur de la sucrerie de Séclin, 216.
Michelot (Paul). Observations sur les chemins de fer anglais, 88.
Milan (chemin de fer de) à Venise, 286.
Minard, 292.
Minden (chemin de fer de) :
— à Magdebourg, par Hanovre, Brunswick et Oschersleben, 352, 416, 419, 422; embranchement sur Brême, projet, 422.
— à Cologne, 262; travaux, 367; embranchement sur Munster, concession, 369; *idem* sur Amsterdam, projet, 385.
Mines. — Chemins de fer pour leur exploitation en Allemagne, 303, 319, 411.
Moedling (chemin de fer de) à Laxenburg, 282, 283.
Monnaies allemandes; conversion, 273.
Monza, 286.
Morin (A.), 20, 30.
Mortiers. *Voir* Chaux.
Muller (Émile), 405.
Mullheim, 442.
Mungersdorf, 373, 374, 380.
Munich. *Voir* Augsbourg. — (Chemin

de fer de) à Salzbourg et à Vienne, projet, 430.
Munster (chemin de fer de) à Hamm, sur le chemin de Cologne à Minden, concession, 369; prolongement jusqu'à la mer à Emden, projet, 369, 423.
Mur de défense; chaudières à vapeur, 233.
Murs de soutenement. — Chemins de fer allemands (dimensions), 298; (dépense), 438, 453. — Chemin de fer d'Orléans (prix de revient), 134. — Chemins de fer anglais, 91.
Murzzuschlag (chemin de fer de) à Gratz; travaux et exploitation, 278.
Myslowitz, 315, 318.

N

Napagedel (pont en bois sur la March près de), 285.
Nassau (duché de); chemins de fer sur Francfort, 452, 458.
Naumbourg, 356.
Navier, 253, 254.
Négrelli, 436.
Neige (charrue à balayer la); chemins de fer allemands, 261, 270, 300, 308, 354.
Neisse (chemin de fer de) à Brieg, concession, 322. *Voir* Troppau.
Neuberg, 290.
Neu-Berun (chemin de fer de) à Breslau, par Oppeln, travaux, 315.
Neudietendorf, 356.
Neumunster. *Voir* Altona.
Neusse (chemin de fer de) à Aix-la-Chapelle, projet, 385.
Neustadt (Autriche), 281.—(Prusse), 323, 324. — (Hanovre), 422. — (Bavière rhénane), 434, 435.
— (Chemin de fer de) aux frontières hongroises vers OEdenburg (embranchement du chemin autrichien du Sud), 282.
Neviges, 366, 367.
Nienburg, 422.
Nirm (tunnel de), dépense, 375; détails de construction, 377.
Nord (mer du); jonction avec la Baltique par chemin de fer, 405, 409.
Nordlingen, 428.
Norris, 269, 320, 412. — Nouveau système de locomotives à quatre roues motrices, 278.
Nuremberg:
— (Chemin de fer de Leipzig à Augsbourg par), travaux, exploitation partielle, 427.
— (Chemin de fer de) à Furth, travaux, 431; exploitation, 433.

O

Oberau, 386 (tunnel d'), travaux, dépense, 389.
Oderberg, 286, 287, 291, 315.
OEdenburg. *Voir* Neustadt.
Offenbach. *Voir* Francfort-sur-le-Mein.
Offenbourg, 442. *Voir* Manheim.
Ohlau, 315.
Olmutz (chemin de fer de Vienne à); exécution, 286. — Exploitation, 292. — Prolongement jusqu'à Prague, exécution, 207; exploitation, 299.
Oos, 441, 442.
Opladen, 357, 367.
Oppeln, 286, 287 (chemin de fer d') à Breslau, 262, 271, 272, travaux et exploitation, 315.
Orléans (chemin de fer de Paris à); détails sur les travaux et les dépenses, par M. Jullien, 129. — Longueur, 135.
Oschersleben, 271, 352 (chemin de fer d'):
— à Halberstadt, embranchement du chemin de Magdebourg à Brunswick, travaux et exploitation, 353.
— à Wolfenbuttel, travaux et exploitation, 416.
Osnabruck. *Voir* Emden.
Ostrow, 288.
Oswieczin, 288, 315, 318.
Outils. — Dépense pour la construction de chemins de fer, 319, 336, 362, 402. — Frais d'entretien, 363, 364, 379, 395, 455.
Oxydation; cause d'explosion de chaudières à vapeur, 220.

P

Padoue (chemin de fer de) à Vicence, 281.

Palatinat. *Voir* Ludwigshafen.
Pambour (de), 77.
Pardubitz, 299.
Patente : les chemins de fer en Prusse n'y sont pas assujettis, 260.
Peine, 419.
Pelpin, 328.
Pensions. *Voir* Caisses d'épargne.
Pentes. — Chemins de fer anglais, 112 — autrichiens, 278, 280, 281, 286, 287, 288, 297, 304 — prussiens, 307, 311, 313, 314, 315, 318, 319, 322, 324, 327, 331, 336, 348, 353, 357, 358, 366, 367, 368, 369, 371, 373, 385 — saxons, 389, 393, 397 — de Hambourg à Bergedorf, 403 — danois, 405, 408, 409 — de Brunswick, 411, 416, 417 — hanovriens, 420, 421 — bavarois, 427, 428, 429, 432, 435 — wurtembergeois, 436 — badois, 444, 450 — du Taunus, 453. — Pente maximum, par chemin, 458, tableau n° 1, colonne, 15.
— (Influence des) sur les frais de traction, 114, 311, 414.
— Réduction du parcours en pente en parcours horizontal, 364.
— *Voir* Plan incliné.
Perrache (fabrique d'acier de), à Lyon ; rapport sur l'explosion d'une chaudière, 225.
Perrés (chemin de fer d'Orléans); prix de revient, 134.
Personnel. *Voir* Caisses d'épargne, Salaire, Surveillance, Uniforme. — Nombre d'employés sur les chemins de fer allemands, 349, 407.
Pertes d'eau (canal de la Sambre à l'Oise), 42.
Pesth (chemin de fer de) à Presbourg et à Gœnserndorf, 281. — Pont suspendu sur le Danube, 289.
Phorzheim, 451.
Pigeon :
— Rapport sur l'explosion d'une des locomotives du chemin de fer de Saint-Étienne à Lyon, 209.
— Extrait d'un rapport sur l'explosion d'une des chaudières de la fabrique d'acier de Perrache, à Lyon, 225.
Pilsen, 304, 305 (chemin de fer de) à Budweiss, 303.
Pin ; calcul de son élasticité, 256.
Pirna, 398.
Pischwitz (pont sur la Mulde, près), 399
Plans inclinés. — Chemins de fer anglais, 118. — Remonte par locomotives, *ibid.* — Plan incliné d'Erkrath sur le chemin de fer de fer de Dusseldorf à Elberfeld, projets, 358 ; description, manœuvre, dépense, 360 ; remonte par locomotives, expériences, 361 — sur le chemin de fer de Bohwinkel à Steele, 367. — Chemin de fer belge, 373 — de Ronheide (chemin Rhénan), dépense, 375 ; description, 376 — sur le chemin saxon de Chemnitz à Riesa, 399 — de la station d'Altona à l'Élbe, 496 — de Harzburg à Vienenburg, remonte par locomotives, expériences, 413.
Plantations. Chemins de fer anglais, 91.
Plaques. *Voir* Rails. — Plaques tournantes, dépenses, 141, 308, 323, 420, 444, 453.
Plates-formes. *Voir* Plaques.
Plauen. *Voir* Leipzig.
Pluie (hauteur de) tombée de 1840 à 1843 (canal de la Sambre à l'Oise), 82. — *Id.* en 1843 et 1844, 85.
Poids allemands ; conversion, 273.
Poids et chargements (roulage). — Surcharges, quotité moyenne, 169. — Avantage de la division des chargements, 169, 170. *Voir* Jantes.
Poisson, 253.
Police (mesures de) prescrites sur les chemins de fer — autrichiens, 259 — prussiens, 261 — badois, 441.
Poncelet et Lesbros, 80.
Ponts établis pour le passage des des chemins de fer — autrichiens, 278, 281, 288, 289, 290, 297, 298 — prussiens, 307, 314, 320, 324, 331, 337, 338, 348, 375, 377 — saxons, 388, 394, 399 — de Hambourg à Bergedorf, 403 — danois, 406 — badois, hauteur au-dessus

des rails, 445. — Pont sur le Necker, description; dépense, 450 — sur le Mein, *ibid.* — du Taunus, 453. — Pont reliant les bâtiments d'une station, 105. — Dépense de divers ponts, 307, 331, 347, 398, 403. — Dépense en bloc, 319, 323, 329, 330, 336, 353, 419, 438, 453.
Ponts en charpente pour les chemins de fer, 370. — Pont sur le Danube avec culées en maçonnerie, dessin, dépense, 288; dépense comparée avec un pont en pierre, 289. — Pont sur l'Elbe avec piles et culées en pierres, servant à la fois à un chemin de fer et à une route, détails de construction, assèchement, sous-détails, dessin, 340 — sur la Mulde, dessin, *ibid.* — Sous-détails de divers ponts, droits et obliques, 338, 339. — Ponts du chemin de fer d'Orléans, 138, 139. — Ponts avec fermes formant parapet (chemins anglais), 94 — avec arcs en planches posées de plat, 95.
Ponts en fer (chemins de fer allemands), 316.
Ponts en fonte. — Chemin de fer d'Orléans, 137, 138 — avec arcs (chemins anglais), 94 — obliques, 95 — avec colonnes, 96. — Ponts tournants, 384.
Ponts en maçonnerie. — Chemin de fer d'Orléans, 137.
Ponts à coulisse, 384.
Ponts obliques. — Chemins de fer anglais, 95 — allemands, 324. — Sous-détails d'un pont sur la Mulde, 339 — sur le Fahrsee, 339.
Pont suspendu sur le Danube, à Pesth, dépense, 289.
Posen (chemin de fer de) à Glogau, projet, 328.
Possnitz (viaduc courbe sur la), 280.
Postes. — Leurs rapports avec les chemins de fer en Autriche, 258 — en Prusse, 260 — en Bavière, 263 — en Danemark, *ibid.* — en Saxe, 390, 395, 398 — en Bavière, 434 — dans le duché de Bade, 441.
Potsdam (chemin de fer de) à Berlin, travaux et exploitation, 330; prolongement sur Magdebourg, concession, 330, 335, 336.
Poussière. *Voir* Détritus.
Prague (chemin de fer de):
— à Vienne, détails d'exécution, 297; exploitation, 299
— à Dresde, exécution, 301, 397.
— à Lahna; travaux et exploitation, 304.
— (Station de), dessin, 299, 302.
Prerau, 288, 300.
Presbourg (chemin de fer de):
— à Gœnserndorf, sur la ligne autrichienne du Nord, 286, 287.
— à Pesth, 286.
— à Saint-Georges, 285.
— à Vienne, 282, 285.
Pression de la vapeur (continuité de la); cause d'explosion, 202, 207, 213, 233.
Preussisch-Holland, 328.
Primes. *Voir* Combustible.
Prochingen, 437.
Prusse. — Monnaies, poids et mesures; conversion, 254, 273.
— État des chemins de fer en 1844, 306. — Concessions aux compagnies; clauses et conditions, 259. — Loi pénale, 261. — Règlements de police, *ibid.* — Longueur de chemins, *ibid.* — Intervention financière de l'état, 262, 264, 314, 321, 356, 367, 368, 369, 373. — Jonction de la Prusse avec la Saxe, 314, 336, 346, 355, 396 — l'Autriche, 315, 321 — la Russie, 328 — le Mecklembourg, 329 — le Danemark, *ibid.* — le Hanovre, 352, 369, 422, 423 — Brunswick, 352 — la Hesse-Électorale, 355, 424 — la Belgique, 372 — Anhalt, 336 — la Hollande, 385 — la Bavière, 401. *Voir* Berlin, Bohwinkel, Breslau, Cologne, Dusseldorf, Elberfeld, Glogau, Halle, Magdebourg, Minden, Munster, Saarbruck.
Puits artésiens (chemin de fer d'Orléans), 133, 144.

R

Radeberg, 313, 397.
Rachat. — Chemins de fer prussiens, 260 — polonais, 318 — saxons, 393, 396, 400 — hessois,

425 — bavarois, 434, 435 — wurtembergeois, 437.
Rails. — Chemins anglais, 99. — *Idem* allemands, 270, 282, 290, 298, 318, 321, 331, 338, 360, 384, 403, 420, 429, 432, 435, 438, 443, 447, 453. — Rails Vignoles, 270, 313, 316, 320, 322, 324, 348, 416, 438, 450. — Économie de ce système, 338. — Bridge-rails ou ôméga-rails, 270, 348, 445. — Rails en fonte, 304. — Rails creux, 307. — Rails plats, 290, 308, 387, 389, 412, 413. — Rails symétriques à double champignon, 100, 454. — Rails à oreilles, 100. — Rails bombés, *ibid.* — Assemblage : plaques en fer, 270, 338, 406, 412, 420 ; longrines, 354 ; plaques en fonte, 445, 450. — Prix des plaques en fonte, 444 ; interposition de feutre entre la plaque et le rail, 447, 453. — Rails retournés, cassent facilement, 454. — Exhaussement dans les courbes, 298. — Propriétés magnétiques, 454. — Poids par mètre courant et système de rails employés sur divers chemins allemands, 458, tableau n° 1, colonnes 13 et 14. *Voir* Chevilles, Coins, Coussinets, Dés, Longrines, Traverses, Voie.
Raisdorf, 370, 371, 372.
Rastadt, 442. *Voir* Manheim.
Ratibor, 315, 321.
Ravensbourg. *Voir* Stuttgard.
Reden (de), 258, 358.
Reichenbach, 393, 397.
Renaud, 247, 248, 249.
Rendsburg. *Voir* Altona — (Chemin de fer de) à Flensburg, projet, 408 — à Eckernfœrde, projet, 409.
Réserve (fonds de). — Chemins de fer allemands, 283, 284, 294, 295, 300, 310, 342, 350, 359, 390, 393, 396, 418, 425, 433, 434, 441, 454.
Réservoir. — Explosion de chaudière à vapeur par suite de son défaut d'épaisseur (cuivre), 213.
Ressorts patentés d'Adam pour waggons, 348, 354.
Reusse, 258.
Rheinschantz, 434, 435.
Rhin (chemin de fer du) au Weser, de Cologne à Minden, 262 ; travaux, 367. — Chemin de fer Rhénan, 271, 272 ; travaux, 372 ; exploitation, 378.
Rhur (vallée de la) : jonction par chemin de fer avec Dusseldorf et Elberfeld, 366.
Riesa, 336, 386, 388, 391, 392. *Voir* Chemnitz, Dresde, Guben.
Rietberg, 368.
Rigoles d'asséchement (chemins de fer anglais), 92, 93.
Roderau (viaduc de), 389.
Romberg, 258.
Ronheide (plan incliné de), pente, dépense, 375.
Rosengarten, 308.
Rosslau, 337, 338, 389.
Rotenbourg, 356, 424.
Rothschild, 425, 441.
Roues. *Voir* Chocs.
Roulage (gros et petit) ; influence relative sur l'usure des chaussées, 148, 150, 169, 170. *Voir* Jantes, Poids. — Moyen d'apprécier l'influence des diverses espèces de colliers, 171.
Routes. *Voir* Traversée (chemins de fer).
Routes en empierrement (expériences et observations sur les frais d'entretien des) et principalement sur l'usure des chaussées, par M. Garnier, 146. — Les chiffres de fréquentation ne donnent pas la mesure exacte de l'usure des chaussées, 147. — Calcul de cette usure par la détermination de l'épaisseur des chaussées à diverses époques, 153 — par la détermination du volume des détritus, 159 — par la fréquentation, 168. — Évaluation des frais d'entretien : détermination du temps nécessaire à l'emploi d'un mètre cube de matériaux (cassage non compris), 173. — Formules servant à déterminer les dépenses de main-d'œuvre et le nombre des cantonniers, 181. — *Idem* la dépense totale d'entretien, 183. — Modèle de tableau pour l'établissement d'un budget normal d'entretien, 184. — Réflexions sur l'extension donnée aux chemins de fer, 186. — Tableaux d'expériences

sur l'usure des routes, 188. — Observations sur les tableaux, 194.
Routh, 358.
Ruhrort (chemin de fer de) à Aix-la-Chapelle, projet, 385.

S

Saarbruck (chemin de fer de Bexbach à Metz par), projet, 385.
Sadtsulza, 356.
Sagan, 313, 318.
Saint-Étienne (chemin de fer de) à Lyon; rapport sur l'explosion d'une locomotive, 209.
Saint-Georges (chemin de fer de Presbourg à), tarif, 285.
Saint-Léger (de). Rapport sur l'explosion d'une chaudière dans l'établissement du sieur Dumesnil à Sotteville (Seine-Inférieure), 247.
Salaires. — Chemins de fer allemands. Détail d'après la nature des emplois, 266, 456. — Dépense par kilomètre, 267, 300. — Dépense en bloc, 309, 326, 349, 363, 364, 379, 433. *Voir* Caisses d'épargne.
Salzbourg. *Voir* Munich, Stockerau.
Sambre (alimentation du canal de jonction de la) à l'Oise, 1.
Sapin; calcul de son élasticité, 255, 256.
Saxe (royaume de). — Monnaies, poids et mesures; conversion, 274.
— Etat des chemins de fer en 1844, 386. — Chemin de fer sur l'Autriche, 301, 397 — sur la Prusse (de Dresde à Breslau), 313, 396; (de Dresde à Berlin, par Leipzig et Cœthen), 336, 346, 386; (*idem* par Riesa et Interbock), 336; (de Dresde à Magdebourg, par Leipzig), 346, 386 — sur la Bavière, 393, 427.
— *Voir* Dresde, Erz, Leipzig, Lobau.
Saxe (duché et principautés de). — Jonction par chemin de fer avec la Prusse, 355 — la Hesse-Électorale, 355, 424 — la Bavière, 401.
Schenberg (tunnel de), 375, 377.
Schewerin (chemin de fer de) à Hagenow, embranchement du chemin de fer de Hambourg à Berlin, projet, 330.
Schifferstadt (chemin de fer de) à Spire, embranchement du chemin de fer de Ludwigshafen à Bexbach, travaux, 435.
Schladen, 414, 416.
Schleswig (chemin de fer de) à Eckernfœrde, embranchement du chemin d'Altona à Kiel, 408.
Schleswig-Holstein (grand-duché de). — Monnaies, poids et mesures; conversion, 275.
— État des chemins de fer en 1844, 405.
Schliengen, 442.
Schneidmuhl, 328.
Schœnebeck, 346.
Schwabach, 428.
Schwarzenbeck, 329.
Schweidnitz (chemin de fer de) à Breslau, travaux, 318. *Voir* Troppau.
Schweinfurt, 430.
Schwelm, 369.
Séclin (rapport sur l'explosion d'une chaudière à vapeur de la sucrerie de), 216.
Semmring (chaîne du); passage du chemin de fer autrichien du Sud, 276.
Sénarmont (de), 235.
Serves, 226.
Servitudes; chemins de fer allemands, 441.
Sharp-Roberts, 268, 269, 325.
Signaux. — Frais d'établissement (chemin de fer d'Orléans), 145; (chemins de fer allemands), 308. — *Idem*, dépense par kilomètre, 273. — *Idem*, frais d'entretien, 284.
Silésien (chemin de fer), 286. — Etat en 1844, 313. *Voir* Breslau, Brieg, Glogau, Kosel.
Sina, 289.
Sittard, 372. *Voir* Dusseldorf.
Soden (bains de). *Voir* Francfort-sur-le-Mein.
Solingen. *Voir* Bohwinkel.
Somborn (viaduc de), 360.
Sondersburg, 409.
Soupapes de sûreté; explosions de chaudières à vapeur résultant de leur surcharge, 202, 207, 215, 237.

Spandau, 329.
Spire, 434. *Voir* Ludwigshafen, Schiflerstadt.
Sprottau, 318
Stations. — Chemins de fer anglais, 102. — Étendue des principales gares de chemins de fer allemands, 271, 299, 402.
— Chemins de fer allemands (description), 281, 302, 307, 308, 319, 321, 325, 337, 366, 372, 427, 435, 441; (dépense en bloc), 319, 323, 329, 330, 353, 438, 441, (dépense de diverses stations), 308, 336, 353, 368, 370, 371, 375, 402, 408, 419, 442 — Dépense du personnel, par nature d'emploi, 456 — Stations du chemin de fer d'Orléans, dépenses, 143. — Stations de Vienne, dessins, 271, 281, 291, 300. — de Baden, dessin, 282. — de Brunn, dessin, 291. — de Prague, dessin, 299, 302. — Plan de diverses stations, 302. — Station de Magdebourg, 347 — de Deutz, 368 — de Leipzig, 394.
Statistique. *Voir* Chaux, Chemins de fer.
Steele. *Voir* Bohwinkel.
Stéglitz, 332.
Stephenson, 89, 93, 107, 268, 358, 361, 363, 385, 412, 413, 431.
Steplau, 393.
Stettin, 271 (chemin de fer de) à Berlin, travaux, exploitation, 323.
— à Stargard, concession, 327.
Stockerau (chemin de fer de):
— à Vienne, travaux, 290; exploitation, 292.
— à Salzbourg, par Linz et Gmunden, projet, 430. *Voir* Munich.
Stralsund (chemin de fer de) à Berlin, projet, 329.
Stuttgard (chemin de fer de):
— à Esslingen, travaux, 438.
— à Heilbronn (ligne de l'ouest et du nord), exécution décrétée, 436.
— à Kanstadt, travaux, 438.
— à Ludwigsbourg, travaux, 438.
— à Ulm, à Biberach, à Ravensbourg et à Friedrichshafen (ligne de l'est et du sud), exécution décrétée, 436.
Suisse (chemins de fer sur la), venant de Bavière, 427; de Bade, 440.
Surveillance: chemins de fer allemands, 267.

T

Talus. *Voir* Main d'œuvre.
Tarifs de chemins de fer. — Par qui et sous quelles conditions ils sont établis en Autriche, 258 — en Prusse, 260 — en Bavière, 263 — en Danemark, *ibid.* — dans la Hesse, 425 — à Francfort-sur-le-Mein, 452. — Location de voitures entières pour le transport des marchandises, 268. — Tarifs des chemins autrichiens, 280, 285, 300 — prussiens, 312, 317, 321, 327, 335, 345, 351, 352, 355, 366, 372, 382 — saxons, 392, 395 — hambourgeois, 404 — danois, 407 — de Brunswick, 416, 417 — bavarois, 430, 434 — badois, 449 — du Taunus, 452, 456. — Résumé: tableau n° 2, 458.
Taunus (chemin de fer du), de Francfort à Wiesbaden, 268, 272; dépenses d'établissement; détails d'exécution et d'exploitation, etc, 452.
Terrains. *Voir* Indemnités. — Superficie occupée par le chemin de fer de Paris à Orléans, 130. — *Idem* de Dusseldorf à Elberfeld, 359. — *Idem* de Cologne à la frontière belge, 375. — *Id.* par les chemins de fer anglais, 91.
Terrassements de chemins de fer:
— Consolidation, 131, 383.
— Frais de consolidation, 323.
— Importance, cube; (chemins de fer autrichiens), 279, 288, 290, 298, 307; (prussiens), 313, 314, 319, 324, 331, 337, 338, 347, 353, 357, 359, 370, 372, 374, 377, 384, 388 (de Hambourg), 402; (danois), 406; (de Brunswick), 412; (hanovriens), 420, 422; (bavarois), 429, 432; (badois), 443, 444; (du Taunus), 453; (de Paris à Orléans), 131.
— Dépenses; (chemins de fer autrichiens), 277, 280, 297, 302; (prussiens), 308, 319, 323, 329, 330, 336, 338, 347, 353, 359, 370,

Terrassements (*suite*) : 374 ; (hollandais), 383 ; (de Hambourg), 402 ; (danois), 406 ; (de Brunswick), 419 ; (wurtembergeois), 438 ; (badois), 441 ; (du Taunus), 453. — Sous-détail de dépenses (chemin d'Orléans), 134 ; (chemins allemands), 323, 347, 443. — Prix du mètre cube (chemin rhénan), 375. — Prix moyen pour divers chemins, 272. — Dépense moyenne par kilomètre (chemins allemands), 458, tableau n° 1, colonne 7.
— Transport des terres au moyen de chemins de fer provisoires, 384, 388 ; dépense par mètre cube, 338 ; sous-détails, 443. — Largeur moyenne, talus, gazonnements (chemins allemands), 272, 337. — Ensemencement, dépense (chemin d'Orléans), 144.
— Terrassements des chemins de fer anglais, détails d'exécution, etc., 91.
Thuringe (chemin de fer de la), concession, 355 ; embranchement sur Leipzig, projet, 400. — *Idem*, sur Cassel, concession, 425.
Tœnning. *Voir* Flensburg.
Tôle. — (Voitures en), 348. — Explosion de chaudières à vapeur par suite du défaut de qualité de la tôle, 203, 215, 233 — de son défaut d'épaisseur, 204, 233, 251. *Voir* Réservoir. — de son amincissement par oxydation, 220.
Tourbe. Son emploi au chauffage des locomotives, essai, 413.
Tracés (chemins de fer anglais), 89, 111, 119. — (prussiens), 260. — (autrichiens), 277, 279. *Voir* Courbes, Pentes.
Traction (frais de) sur les chemins de fer ; influence des pentes, 114, 311 ; 414. — Influence des machines, 115, 351, 363, 413.
— Frais de traction sur les chemins de fer allemands, 279, 285, 300, 310, 321, 326, 332, 334, 335, 342, 343, 354, 364, 379, 390, 391, 395, 448, 455. — Récapitulation, dépense par kilomètre parcouru, 458, tableau n° 4, colonnes 8, 9, 10, 11, 12. *Voir* Combustible.
Traction sur les chemins de fer par chevaux et par locomotives, comparée, 413, 433. — Frais d'établissement dans les deux cas, 428.
Tranchées. — Chemin de fer d'Orléans (travaux de consolidation), 131. — Chemins de fer allemands, 288, 324, 357, 360, 376, 384, 389. *Voir* Asséchement.
Transport. *Voir* Fréquentation, Terrassements.
Travaux d'art :
— Chemins de fer anglais, 93.
— Chemins de fer hollandais (dépense), 383.
— Chemins de fer allemands (énumération), 281, 288, 290, 307, 328, 394 ; (dépense en bloc), 277, 280, 297, 308, 319, 347, 370, 402, 406, 441 ; (dépense par kilomètre), 458, tableau n° 1, colonne 8 ; (frais d'entretien), 309, 363. *Voir* Entretien.
— Chemin de fer de Paris à Orléans (énumération et dépense totale), 137.
Traversée des routes et chemins. — Chemins de fer allemands, 278, 290, 297, 298, 307, 322, 324, 328, 338, 348, 370, 388, 406 ; (dépense), 308, 319, 323, 329, 336, 353, 419, 438, 453. — Chemin de fer d'Orléans, passages à niveau, 138. — *Idem*, dépense, 142.
— des routes, des canaux et des villes. — Chemins de fer anglais, 96 — Chemin de fer d'Orléans, 137, 149.
Traverses. — Chemins de fer anglais, 98. — *Idem* allemands, 282, 290, 298, 307, 316, 324, 348, 354, 360, 372, 378, 384, 406, 412, 420, 430, 445, 447, 450, 453, 454.
— Prix de revient (chemin de fer d'Orléans), 139. — *Idem* (chemins de fer allemands), 331, 370. *Voir* Bois.
Tréviglio, 286.
Triebitz (tunnel de), dessin, 298.
Trieste (chemin de fer de Vienne à) ; état des travaux en 1844, 276.
Troppau (chemin de fer de) à Schweidnitz, par Neisse et Franckenstein, projet, 322.
Trubau, 297.

Tubes de chaudières à vapeur. — Formes présentant une faible résistance à la rupture ou à l'écrasement, 203, 230. *Voir* Tôle, Joint.
Tunages, 384.
Tunnels. — (Chemins de fer anglais), 93, 106. — (Chemins de fer allemands), 277, 280, 281, 286, 297, 298, 301, 356, 367, 369, 375, 376, 377, 385, 429, 434, 435. — Dépense en bloc, 435, 438. — Dépense et longueur de divers tunnels, 375, 389; dépense par mètre, 277, 282, 298, 376, 377, 389, 435. — Tunnel de Triebitz, détails de construction, dessin, 298, 302 — d'Oberau, 389. — Tunnel courbe, 377.
Tyrnau, 285.

U

Uebigau, 268, 390.
Uelzen, 421.
Ulm. *Voir* Stuttgard.
Uniforme des employés des chemins de fer allemands, dépenses, 319, 326, 331, 342, 362, 363, 390, 395, 455.
Unna, 368.
Unterturkheim, 439.
Usure des routes en empierrement. — N'est pas exactement mesurée par la fréquentation, 147. — Influence relative du gros et du petit roulage, expériences, 148, 150, 156, 169, 170. *Voir* Jantes. — de la qualité des matériaux, 151. — Calcul de l'usure par la détermination de l'épaisseur des chaussées, résultats, 153 à 159 — par le volume et le poids des détritus, mode d'expérience, 159 à 168; résultats, tableaux, 188 à 196 — par la fréquentation, 168. — L'usure n'est pas proportionnelle au poids supporté; avantage de la division des chargements, 169, 170. — Rapport entre l'usure et la nature des matériaux, 195.
Utrecht. *Voir* Amsterdam.

V

Vapeur (Force expansive de la) contenue dans l'eau bouillante, 214, 231. *Voir* Chaudières, Cheminée, Pression.
Vechelde, 421.
Veghiba, 304.
Venise (chemin de fer de) à Milan, 286.
Verden, 422.
Vertpilleux, 209, 211.
Viaducs. — Chemins de fer anglais, 94. 96 — autrichiens, 280, 286, 298, 301, 303 — prussiens, 314, 324, 375, 377 — saxons, 394, 397. — Chemin de Paris à Orléans, 137. — Dépenses de divers viaducs, 95, 302, 360, 388, 389. — Dépenses en bloc, 329. — Viaduc de Baden, dessin, 282 — de Brunn, dessin, 289 — de Somborn, 360 — de Gueule, à deux rangs d'arcades superposées, description, dépense, 375 — de Borcette, description, 376. — Viaducs courbes, 280, 290, 376. — Viaducs en bois, 94, 370.
Vicat. Recherches statistiques sur les gisements des substances calcaires propres à fournir des chaux hydrauliques ou des ciments, 121.
Vicence (chemin de fer de Padoue à), 286 — (tunnel de), 286.
Vienenburg, 411, 412, 416.
Vienne (chemin de fer de) :
— à Glognitz, sur l'Italie et la Hongrie, 271, 272, 273; exécution, 276, 281; embranchements, 282; exploitation, 279, 283.
— à Presbourg, 282, 285.
— à Olmutz et à Prague, ou du Nord, 271, 272; exécution, 286; exploitation, 291. *Voir* Stockerau.
— à Prague et à Dresde, exécution, 297; exploitation, 299.
— à Munich, par Stockerau et Salzbourg, projet, 430.
— à Berlin, 286, 315, 321.
— Chemin de fer de la station Sud au centre de la ville, 283.
— (Prix des terrains à), 271. — (Stations de), dessins, 271, 281, 291, 300.
Vieselbach, 356.
Vifquain, 7.
Vignoles (Ch.), 114, 270, 437. *Voir* Rails.
Vis (pour rails), 282, 432. — Dépenses, 353.

Vis d'Archimède, *dites* hollandaises, employées à l'alimentation du canal de la Sambre à l'Oise, 6.—Pertes inhérentes à leur emploi, 7. — Dimensions, 9. — Immersion, 10, 24. — Force nécessaire pour les mouvoir, 12. — Effet utile de la vis établie aux Étoquis, 78.
Vitesse.—Chemins de fer allemands, 259, 305, 312, 321, 326, 335, 345. 352, 355, 366, 392, 404, 407, 416, 417, 434, 447, 449, 456.—Vitesse le jour et la nuit, 447. — Traction par chevaux et par locomotives, vitesse comparée, 434.
Voie en fer. *Voir* Rails.
— Rigidité, différence de niveau; chocs; rupture d'essieu, 246.
— Chemins anglais, 97 (changements de voie; systèmes divers), 101.
— Chemin de Paris à Orléans (prix du mètre courant, sous-détails), 139; (changements et croisements de voie; dépense), 141.
— Chemins allemands (largeur), 268, 282, 304, 313, 325, 331, 384, 445, 450, 453; (élargissement dans les courbes), 290, 299; (changements de voie, dépense), 323, 444, 453; (*id.*, rayons des courbes), 299; (dépense d'établissement en bloc), 277, 308, 319, 323, 329, 330, 336, 347, 353, 360, 370, 402, 406, 419, 438, 441, 442, 453; (prix d'un mètre courant, sous-détails), 331, 354, 406, 444; (dépense par kilomètre), 458, tableau n° 1, colonne 10; (frais d'entretien), 284, 296, 299, 334. *Voir* Entretien.
Voitures. — Chemins de fer anglais, 110. — *Idem* allemands (prix), 270, 308, 341, 432, 447; (frais d'entretien par kilomètre parcouru), 458, tableau n° 4, colonnes 13, 14; (voitures en tôle), 348; (en carton), *ibid.*; (à 8 roues), 348, 354. *Voir* Matériel, Ressorts.
Voûtes en briques surbaissées, soutenues par des colonnes en fonte, 96.
Voyageurs. *Voir* Exploitation, Fréquentation.
Vukovar. *Voir* Bukovar.

W

Waggons. *Voir* Matériel, Voitures.
Waitzen, 286.
Walker, 386.
Weimar, 356, 357. *Voir* Halle.
Weissembourg, 427.
Weissenfels, 356.
Werdau, 393, 394.
Wesel, 385.
Westphalie (chemin de fer du Bas-Ems sur la), projet, 369, 423.
Wiesbaden. *Voir* Francfort-sur-le-Mein.
Wilster, 410.
Witten, 368.
Wolfenbuttel, 352, 353, 411, 414, 416, 417. *Voir* Oschersleben.
Worms, 435.
Wranow, 303.
Wunstorf, 422.
Wurtemberg. — État des chemins de fer en 1844, 436. *Voir* Stuttgard. —Jonction avec Bade, 436, 451 — avec la Bavière, 436.
— Monnaies, poids et mesures, conversion, 274.
Wurzbourg, 430.
Wurzen (pont et viaduc de), 388.

Z

Zelle, 416, 418, 421. *Voir* Hildesheim.
Zéphyr (rapport sur l'explosion de la chaudière du bateau à vapeur *le*), 205, 232.
Zimpel, 306.
Zinten, 328.
Zorze, 412.
Zwickau, 391, 398 (embranchement de) sur le chemin d'Altenbourg à Plauen, 393, 394.
Zwittau, 301 (chemin de fer de) à Lobau, embranchement du chemin de Dresde à Breslau, concession, 399.

FIN DES TABLES DES MÉMOIRES DU 2e SEMESTRE DE 1845.

UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA
3 0112 085684261